lămpilor în exploatare verificate şi capabile să poată intra în orice moment în funcţiune.

Lămpile trebuie depozitate în ambalajul pe care îl au de la fabrică, făcîndu-se bineînţeles o separaţie netă între cele bune şi cele defecte.

1.3. *Lămpi cu descărcări în gaze*

1.3.1. *Lămpi cu vapori de mercur şi balon fluorescent* (LVM)

Lămpile cu vapori de mercur şi balon fluorescent (LVM, în continuare) au căpătat în ultimii ani o largă răspîndire în iluminatul exterior. Pe străzile capitalei sînt în prezent în funcţiune mai multe mii de asemenea surse de lumină, şi numărul lor este în continuă creştere. Lămpile cu vapori de mercur de foarte înaltă presiune (5—10 at) sînt cunoscute mai de mult şi relativ apreciate, datorită eficacităţii lor luminoase ridicate (45—50 lm/W), însă răspîndirea lor a fost frînată din cauza redării necorespunzătoare a culorilor. Această deficienţă a fost aproape integral remediată prin realizarea noului tip de lămpi cu luminofori.

LVM este formată dintr-un arzător de sticlă de cuarţ de 4—5 cm lungime, fixat în interiorul unui balon, de obicei din sticlă călită, tapisat cu luminofori (fig. 15). În arzător se găseşte mercur şi o mică cantitate de argon care facilitează amorsarea. Tot în arzător se găsesc doi electrozi principali şi unul sau doi electrozi secundari (după tipul şi fabrica constructoare). După punerea sub tensiune, prima descărcare (de culoare albastră) se produce în argon între unul din electrozii principali şi un electrod auxiliar. Temperatura descărcării produce vaporizarea mercurului şi duce la creşterea atît a presiunii în tub cît şi a strălucirii acestuia. În cele din urmă se atinge presiunea de regim (3—4 ata la majoritatea lămpilor) şi culoarea trece încet din albastru în alb-albăstrui. Tensiunea de amorsare a lămpii fiind de 180 V, se impune folosirea ei în reţelele de 220 V cu un element de stabilizare, de obicei o bobină; pentru reţelele de 120—127 V se impune utilizarea unui transformator ridicător cu dispersie mare. Arzătorul este executat din sticlă de cuarţ prin care trec radiaţiile ultraviolete. Balonul în interiorul căruia se găseşte arzătorul e umplut cu un gaz inert şi are dimensiunile aproximativ analoge cu cele ale lămpilor cu incandescenţă de aceeaşi putere; singura deosebire faţă de acestea este forma sa puţin alungită, aleasă astfel din motive de repartizare uniformă a temperaturii.

Pentru exploatarea LVM, prezintă un deosebit interes cunoaşterea fenomenelor care au loc în timpul procesului tranzitoriu din perioada amorsării, care la lămpile cu elemente de preconectare inductive durează aproximativ 5 minute; în acest timp variază toate caracteristicile electrice ale sursei de lumină. Curentul, care în momentul conectării este de circa 1,5 ori mai mare decît valoarea sa nominală, scade din ce în ce, pînă atinge valoarea de regim,

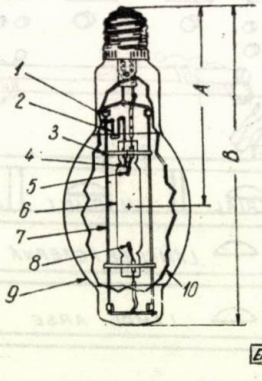


Fig. 15. Lampă cu vapori de mercur şi balon fluorescent: *1* — suport pentru fixarea arzătorului; *2* — rezistenţă de amorsare; *3* — suport transversal pentru fixarea arzătorului; *4* — electrod auxiliar; *5, 8* — electrozi principali; *6* — arzător; *7* — suport; *9* — balon de sticlă; *10* — strat de pulbere fluorescentă; dimensiunile *A* şi *B* sînt funcţie de tipul lămpii.

în timp ce tensiunea aplicată lămpii creşte de la circa 20 V pînă la aproximativ 140 V. În mod analog creşte şi puterea activă absorbită, ca şi fluxul luminos emis.

Variaţiile caracteristicilor electrice ale lămpilor în timpul procesului tranzitoriu se explică prin evaporarea permanentă a mercurului care există în arzător. Astfel, se ştie că fiecare LVM conţine o anumită cantitate precis determinată din acest metal. Deoarece tensiunea aplicată lămpii depinde în special de presiunea vaporilor de mercur din arzător, rezultă că ea va creşte pe măsura ridicării presiunii. Creşterea presiunii în arzător are loc în timpul evaporării mercurului. În clipa în care s-a evaporat şi ultima picătură de mercur lichid, presiunea şi în consecinţă şi tensiunea aplicată ajung la o valoare constantă; descărcarea are loc deci într-un mediu de vapori de mercur nesaturaţi. Din acest moment, presiunea vaporilor de mercur mai poate varia încă în funcţie de puterea absorbită, însă devierile ei nu au decît o importanţă redusă asupra tensiunii aplicate arzătorului.

O influenţă deosebită asupra întregului proces de amorsare a lămpii, ca şi asupra funcţionării ei în general, o are dispozitivul de preconectare. Acesta poate fi de trei feluri: inductiv, ohmic sau capacitiv.

Balastul inductiv este cel mai utilizat în montajul LVM, deoarece, după cum se va vedea, el prezintă caracteristicile cele mai avantajoase.

După cum se ştie, descărcarea care are loc într-o lampă de felul aceleia cu vapori de mercur se stinge la fiecare semiperioadă, adică o dată cu trecerea curentului prin valoarea zero. Electronii şi ionii care se găsesc în vasul în care se produce descărcarea dispar în gaze prin recombinare la foarte scurt timp după încetarea ei. Numărul sarcinilor care se mai găsesc în tub la începerea unei noi descărcări este determinant pentru valoarea tensiunii de reaprindere. Aceasta este cu atît mai redusă, cu cît în interiorul tubului se găsesc mai mulţi electroni sau ioni, adică cu cît reaprinderea are loc după un timp mai scurt.

Dacă, de exemplu, dintr-un motiv oarecare, curentul este întrerupt pentru o perioadă mai lungă decît 1/100 de secundă, sarcinile electrice existente în tub nu mai sînt suficiente pentru a permite o nouă amorsare a arcului în clipa aplicării tensiunii. În această situaţie, tensiunea de aprindere este mai mare decît tensiunea maximală a reţelei şi astfel se explică ieşirea din funcţiune a lămpilor cu vapori de mercur la o scurtă întrerupere a alimentării.

În oscilogramele ridicate se poate vedea că în cazul unui element de preconectare inductiv tensiunea aplicată lămpii creşte foarte repede după trecerea ei prin zero. Acest lucru se explică prin defazajul dintre curentul lămpii şi tensiunea reţelei; tot defazajul este acela care determină ca ionizarea remanentă la trecerea curentului prin zero să fie relativ ridicată, ajutînd astfel reaprinderea uşoară a lămpii.

În cazul folosirii unui element de preconectare ohmic, condiţiile de funcţionare sînt mai puţin avantajoase.

Creşterea tensiunii la lampă este mai lentă decît în cazul unui element de preconectare inductiv; aceasta duce la necesitatea unei tensiuni de reaprindere mai mari.

În cazul folosirii unui element de preconectare ohmic, tensiunea reţelei, tensiunea lămpii, tensiunea aplicată rezistenţei şi curentul sînt în fază, ceea ce are ca urmare o creştere sincronă a tensiunii lămpii cu tensiunea reţelei.

Din oscilogramele ridicate rezultă că intervalul de timp între stingerea şi aprinderea lămpii este mai mare în cazul unui element de preconectare ohmic decît în cazul unei bobine. Datorită acestui fapt, electronii şi ionii din coloana de descărcare au un timp mai mare la dispoziţie pentru recombinare, ceea ce conduce la o creştere a tensiunii de reaprindere.

În Bucureşti au funcţionat timp relativ îndelungat LVM folosind elemente de preconectare ohmice. În acest scop au fost utilizate lămpi cu incandescenţă de 300 W legate în serie cu LVM de 250 W. Instalaţia a fost făcută pe Calea Victoriei, unde, în corpurile pentru două lămpi cu reflectoare oglindate existente (cunoscute sub numele de corpuri Zeiss), au fost montate cîte o LVM şi o lampă cu incandescenţă. Funcţionarea a fost în general satisfăcătoare.

LVM pot funcţiona în bune condiţii şi cu elemente de preconectare capacitive.

În această schemă, tensiunea aplicată lămpii arată o creştere rapidă analogă cu aceea despre care s-a vorbit în cazul elementelor inductive, ceea ce conduce la necesitatea unei tensiuni de reaprindere mai reduse.

În acest montaj, ca şi în cel inductiv, curentul este decalat faţă de tensiune, însă de astă dată în avans.

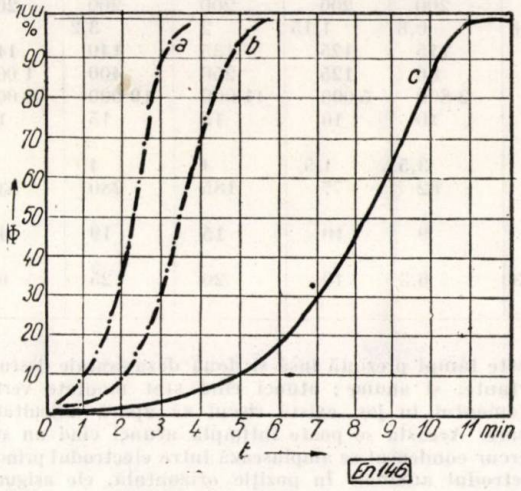


Fig. 16. Creşterea fluxului luminos în timpul procesului tranzitoriu:
a – element de preconectare ohmic; *b* – inductiv; *c* – capacitiv.

Valorile tensiunii de reaprindere care apare în cazul celor trei scheme principiale descrise sînt în medie următoarele:

element de preconectare	tensiunea de reaprindere
– inductiv	172 V;
– capacitiv	174 V;
– ohmic	218 V.

Procesul tranzitoriu de amorsare a lămpii durează în medie circa cinci minute în cazul unor elemente de preconectare inductive sau ohmice, şi 11 minute în cazul unui element de preconectare capacitiv. În această ultimă schemă este de remarcat că curentul se menţine constant în tot timpul procesului de amorsare. Electrozii principali ai lămpii sînt destul de solicitaţi, în tot timpul procesului tranzitoriu, de curentul mare care trece prin ei, în cazul folosirii balastului sau rezistenţei ohmice.

Experienţele au arătat că, sub aspectul conectărilor dese, elementele de preconectare capacitive sînt cele mai avantajoase în ceea ce priveşte menţinerea duratei de funcţionare a lămpii.

În figura 16 se arată creşterea fluxului luminos în tot timpul procesului tranzitoriu.

O altă problemă importantă pentru exploatarea LVM este influenţa variaţiilor de tensiune asupra bunei funcţionări a acestor surse luminoase.

În figura 17 se arată variaţia puterii absorbite de o lampă de 250 W, în funcţie de tensiunea aplicată, funcţionînd cu cele trei elemente de preconectare arătate.

Variaţiile mari de tensiune duc la stingerea lămpii. Pentru reaprinderea ei este necesar să treacă o anumită perioadă de timp în care ea trebuie să se răcească.

În tabela 8 se arată valorile la care se produce dezamorsarea lămpii, în funcţie de elementul de preconectare folosit.

Montajele folosite la exploatarea LVM sînt diferite.

De obicei se foloseşte montarea în serie a fiecărei lămpi cu elementul ei inductiv, un asemenea complex formînd o unitate completă.

Dacă se montează o lampă cu un element de preconectare inductiv şi o altă lampă cu un element de preconectare capacitiv se obţine cunoscutul montaj duo. Avantajele acestei scheme sînt următoarele:

– factorul de putere aproximativ egal cu 1;

– în cazul folosirii unei instalaţii de comandă prin frecvenţă muzicală nu mai sînt necesare bobine de zăvorîre;

– se reduce efectul stroboscopic;

– se reduce efectul de pîlpîire pe care îl posedă şi aceste lămpi.

Tabela 8

Valorile tensiunii de stingere a LVM

Puterea lămpii, W	Valoarea medie a tensiunii de stingere, V		
	Lampă montată în schemă folosind:		
	bobină	capacitate	rezistenţă ohmică
50	180	108	195
80	185	122	202
125	184	120	196
250	182	122	186
400	168	125	178
700	163	125	172
1 000	157	122	169

Uneori, LVM se mai montează într-o aşa-zisă „schemă trifazată". În acest caz se repartizează cîte o lampă pe fiecare fază a reţelei. Acest montaj se aplică acolo unde sarcina reţelei este cît se poate de simetrică. El are marele avantaj că reduce într-o mare măsură efectele de pîlpîire.

LVM folosite în instalaţiile de iluminat exterior cu durată de utilizare anuală redusă, cum ar fi de exemplu la iluminatul unor stadioane sportive unde ele sînt folosite numai circa 50 de ore pe an, pot funcţiona cu o supraîncărcare de 30–40%. În acest fel se obţine o creştere sensibilă a nivelului de iluminare, la un preţ de cost relativ redus. Această supraîncărcare a lămpii se poate face fie prin folosirea unor elemente de preconectare speciale, fie prin creşterea tensiunii. În ambele cazuri trebuie să se obţină avizul fabricii constructoare, deoarece acest gen de funcţionare executat necorespunzător poate produce defecţiuni grave la lămpi sau bobine.

În tabela 9 se indică caracteristicile luminotehnice şi electrice ale lămpilor cu vapori de mercur de 50, 80, 125, 250, 400 şi 1 000 W.

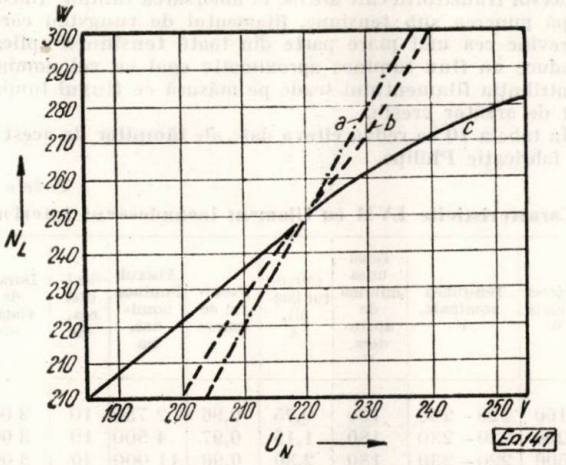


Fig. 17. Puterea absorbită în funcţie de tensiunea reţelei:
a – cu element de preconectare ohmic; *b* – inductiv; *c* – capacitiv.

După cum se vede, aceste lămpi permit o concentrare importantă a fluxului luminos, unitatea de 1 000 W fiind capabilă să asigure un flux de 50 000 lm.

În ultimii ani s-au fabricat LVM cu balon fluorescent oglindat. Ele sînt de construcţie analogă cu aceea a lămpilor

Caracteristicile LVM cu balon fluorescent de fabricație curentă *Tabela 9*

Caracteristicile lămpii	Puterea lămpii					
	50 W	80 W	125 W	250 W	400 W	1 000 W
Tensiunea minimă de amorsare (la + 5°C), V	180	180	180	180	180	180
Tensiunea minimă de amorsare (la −15°C), V	200	200	200	200	200	200
Curentul lămpii, A	0,6	0,8	1,15	2	3,2	7,5
Tensiunea aplicată lămpii, V	95	115	125	135	140	145
Puterea absorbită, W	50	80	125	250	400	1 000
Fluxul luminos nominal (după 100 ore de funcționare), lm	1 600	2 800	5 000	11 000	19 000	50 000
Strălucirea, sb	8	10	10	15	15	15
Timpul necesar pentru amorsare (pînă cînd fluxul luminos atinge cca. 80% din valoarea sa nominală), min	5	3,5	1,5	4	4	4
Greutatea, g	48	62	77	185	280	530
Consumul aproximativ al bobinei (la tensiunea de funcționare de 220 V), W	9	9	10	15	19	45
Capacitatea condensatorului pentru compensarea factorului de putere (la tensiunea de funcționare de 220 V), μF	6,3	6,3	10	20	25	66

obișnuite, cu singura deosebire că balonul de sticlă are o formă puțin mai turtită. Lămpile de acest fel pot fi folosite cu succes fără corpuri de iluminat acolo unde condițiile de exploatare permit o asemenea utilizare.

Este de remarcat că fluxul luminos al acestor lămpi este ceva mai redus decît al lămpilor obișnuite (lampa de 250 W are 9 000 lm față de 11 000, iar lampa de 400 W are 16 500 lm față de 19 000). În schimb, ele asigură realizarea unei curbe fotometrice corespunzătoare pentru o repartiție largă a fluxului luminos.

Pentru evitarea elementelor de preconectare care sînt destul de ancombrante, s-a realizat o LVM la care se folosește în acest scop o rezistență ohmică montată în interior sub forma unui filament de tungsten. Această lampă conține ca și sursa obișnuită un arzător de cuarț legat în serie cu filamentul de tungsten. Filamentul spiralat este fixat în jurul arzătorului și ansamblul funcționează ca o LVM legată în serie cu o lampă cu incandescență. Fiecare din cele două surse produce aproximativ jumătate din fluxul luminos total.

Culoarea luminii este albă și apropiată de lumina zilei, avînd calități favorabile pentru redarea corectă a culorilor.

Ambele surse de lumină se găsesc în interiorul unui balon tapisat cu luminofori, care asigură difuzarea corectă a fluxului luminos.

Interesantă este comportarea acestei surse de lumină în procesul tranzitoriu care are loc la amorsarea lămpii. Imediat după punerea sub tensiune, filamentul de tungsten căruia îi revine cea mai mare parte din toată tensiunea aplicată produce un flux luminos aproximativ egal cu cel nominal. Contribuția filamentului scade pe măsură ce fluxul luminos dat de arzător crește.

În tabela 10 se redau cîteva date ale lămpilor de acest fel de fabricație Philips.

Tabela 10

Caracteristicile LVM cu filament incandescent interior

Puterea lămpii, W	Tensiunea nominală, V	Tensiunea minimă de aprindere, V	Curentul lămpii, A	Factorul de putere	Fluxul luminos nominal, lm	Strălucirea, sb	Durata de viață, ore
160	220–230	180	0,75	0,96	2 750	10	3 000
250	220–230	180	1,15	0,97	4 500	10	3 000
500	220–230	180	2,30	0,96	11 000	40	3 000

Observație. Aceste lămpi se execută și pentru alte tensiuni nominale de funcționare, ca de exemplu: 200–210, 210–220, 230–240, 240–250 V.

LVM cu filament legat în serie au mari perspective de dezvoltare, deoarece ele permit înlocuirea directă a lămpilor cu incandescență cu surse moderne de lumină, fără a mai fi necesare modificări în rețea, impuse de obicei de montarea elementelor de preconectare.

Aceste lămpi prezintă însă și două dezavantaje destul de importante, și anume: atunci cînd sînt montate vertical cu filamentul în jos, există riscul să apară dificultăți la amorsare. Aceasta se poate întîmpla atunci cînd un strop de mercur condensat se amplasează între electrodul principal și electrodul auxiliar. În poziție orizontală, ele asigură o funcționare corectă, permițînd chiar o reducere mai mare a tensiunii de aprindere decît lămpile obișnuite.

Ca și lămpile obișnuite, odată stinse, aceste surse de lumină nu pot fi reaprinse decît după trecerea a 2–3 minute.

1.3.2. *Aspecte din exploatarea* LVM. În rețeaua de iluminat public a orașului București există după cum s-a arătat mai multe mii de LVM de 125, 250 și 400 W.

În cursul exploatării de circa patru ani, au apărut diferite defecte ale surselor de lumină, a căror explicație s-a analizat în repetate rînduri.

Cauzele care provoacă defectarea LVM sînt numeroase. Principalele care apar însă în exploatare se datoresc de obicei defectării elementelor de preconectare, adică a bobinelor inductive care se găsesc în majoritate în schemele utilizate.

Defectele cele mai frecvente ale bobinelor sînt de două feluri: punerea la masă și scurtcircuit între spire.

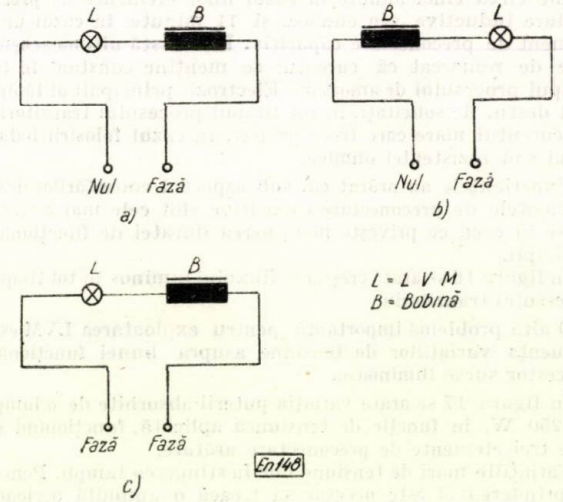


Fig. 18. Schema de montaj a LVM:

a – bobina este montată spre fază; montaj corect; *b* – bobina este montată spre nul; montaj incorect; *c* – ansamblul este montat între faze; montaj incorect.

Punerea la masă a bobinei are efecte neplăcute asupra sursei luminoase numai dacă în schema utilizată bobina este montată pe partea dinspre fază. Astfel, la montajul unei LVM în serie cu o bobină, există trei posibilități, care sînt arătate în figura 18.

După cum se vede, bobina poate fi montată înspre fază, ceea ce reprezintă o schemă corectă; bobina poate fi montată spre nul, ceea ce este incorect, şi, în cazul reţelelor care au tensiunea de 208 V între faze (situaţia din oraşul Bucureşti), întreaga schemă se montează între cei doi conductori activi; în acest fel, indiferent de poziţia reciprocă dintre bobină şi sursa de lumină, fiecare dintre ele se găseşte aşezată spre partea activă.

În cazul unei puneri la masă în bobină, lampa nu suferă nimic dacă bobina este montată înspre fază; în schimb, după trecerea unui timp anumit, bobina este complet distrusă.

Dacă apare o punere la masă cu scurtcircuitarea parţială sau totală a înfăşurării bobinei montate de astă dată pe partea dinspre conductorul de nul, urmările sînt mult mai grave, deoarece situaţia este aproximativ echivalentă cu schema în care o LVM ar fi montată la reţea direct, fără element de stabilizare. Datorită caracteristicii negative a lămpii, curentul creşte brusc într-o fracţiune de secundă, pînă la o valoare foarte mare, şi poate fi limitat numai prin siguranţa care protejează circuitul. Urmarea creşterii curentului este distrugerea lămpii. Dacă protecţia circuitului este realizată prin siguranţe de valori necorespunzătoare (avînd curentul nominal mai ridicat), curentul care trece prin lampă poate depăşi de multe ori valoarea sa nominală. Urmările unor asemenea suprasolicitări se arată de obicei prin arderea legăturii la electrodul principal, după cum se vede în figura 19.

Se mai poate întîmpla, în cazul punerii la masă a bobinei, o smulgere a conductorului de molibden fixat în sticlă prin care trece curentul spre electrodul principal.

Ambele defecţiuni arată o creştere importantă a curentului, şi duc la distrugerea lămpii.

Un alt defect relativ frecvent este un scurtcircuit între spirele bobinei. În această situaţie, bobina devine un transformator, şi curentul pe care îl absoarbe circuitul creşte datorită scăderii impedanţei elementului inductiv. Creşterea curentului nu este suficientă pentru topirea rapidă a legăturii la electrodul principal, şi de aceea pînă la distrugerea lămpii trebuie să treacă un timp anumit, care poate fi de ordinul minutelor sau chiar de mai multe ore.

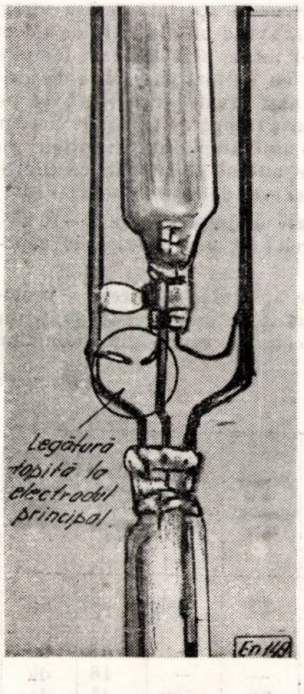


Fig. 19. Legătura la electrodul principal topită, datorită unei puneri la masă în bobină.

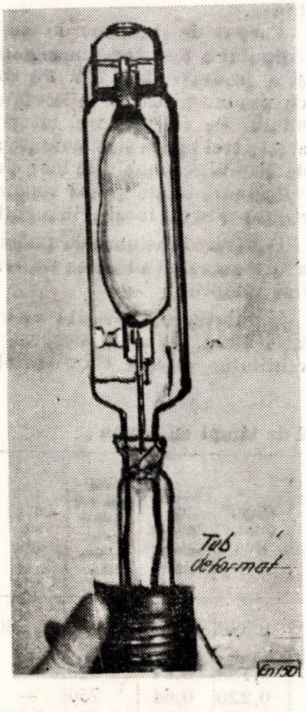


Fig. 20. Tub de cuarţ deformat, datorită unui scurtcircuit între spirele bobinei.

Creşterea curentului care trece prin lampă duce la mărirea temperaturii pereţilor arzătorului de cuarţ, ca şi la o creştere a presiunii vaporilor de mercur. Această ridicare a presiunii duce în cele din urmă la o deformare şi fisurare a tubului de cuarţ. Trecerea vaporilor de mercur în exterior are ca urmare întreruperea descărcării şi stingerea lămpii.

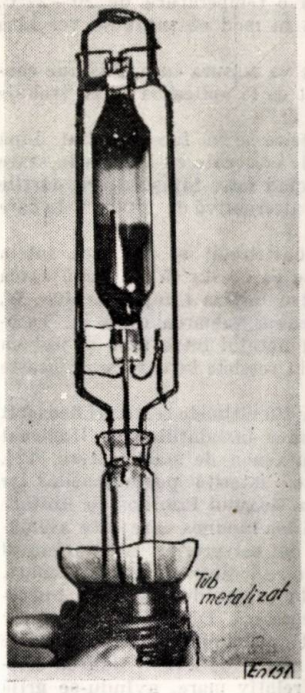


Fig. 21. Arzător de cuarţ cu depuneri metalice.

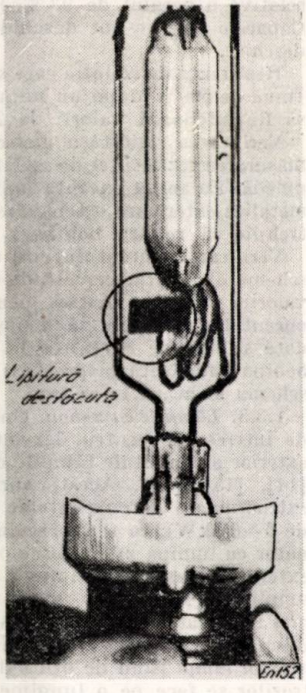


Fig. 22. Legătură desfăcută, probabil din cauza trepidaţiilor.

În figura 20 se arată un tub de cuarţ deformat datorită unui scurtcircuit între spirele bobinei.

Un alt defect frecvent care se observă la multe din LVM cercetate îl constituie depunerile metalice pe pereţii arzătorului de cuarţ.

În figura 21 se vede tubul unei lămpi cu o asemenea defecţiune.

O defecţiune care se datoreşte probabil unor trepidaţii la care sînt supuse LVM montate pe stîlpi de folosinţă în comun (îndeosebi pe arterele pe care există tramvaie, troleibuze sau amîndouă chiar) este desfacerea lipiturilor care susţin elementele de legătură ale lămpii.

Astfel, în figura 22 se arată o defecţiune de această natură.

Trebuie atrasă atenţia asupra defecţiunii care poate să apară destul de frecvent în exploatarea lămpilor cu vapori de mercur, îndeosebi atunci cînd se folosesc bobine montate în spaţii închise. Dacă cantitatea de căldură datorită pierderilor în bobină nu poate fi evacuată în bune condiţii (prin convecţie şi conducţie), se produce o ridicare a temperaturii bobinei, care poate duce cu timpul la scurtcircuit între spire. Se citează în literatură un caz în care se arată că o bobină pentru o LVM de 1 000 W, care la funcţionare normală (montată pe un suport de lemn) arăta o supratemperatură a înfăşurării de 52°C, s-a încălzit pînă la o supratemperatură de 133°C, după 15 ore de funcţionare într-o carcasă complet închisă. Prin mărirea carcasei, ca şi prin instalarea unor posibilităţi de ventilaţie, s-a reuşit să se reducă supratemperatura de regim a bobinei pînă la 63°C.

Ţinînd seamă de numeroasele şi gravele defecţiuni care pot apărea în funcţionarea LVM se impune o verificare cît mai atentă a caracteristicilor electrice şi mecanice ale bobinelor folosite pentru limitarea curentului. Astfel, acestea trebuie verificate la încălzire, rezistenţă la umiditate, rigiditate dielectrică.

Verificarea la încălzire se va face la funcţionare în condiţii normale, aplicîndu-se tensiunea de 1,1 U_n, pînă cînd bobina atinge temperatura de regim. Bobinajele vor fi fixate pe placă metalică, astfel încît căldura degajată să nu contribuie la încălzirea bobinei; se consideră ca neindicată o supratemperatură mai mare de 60°C.

Verificarea rezistenţei la umiditate este indicat a se face amplasîndu-se bobina într-o încăpere cu o umiditate relativă a aerului de 93%, la o temperatură de 20—27°C. Capacele care se pot deschide în mod obişnuit se vor lăsa deschise.

Rezistenţa de izolaţie care se va măsura cu o tensiune continuă de 500 V după un minut de la aplicarea ei nu trebuie să fie inferioară valorii de 2 Ω.

Verificarea rigidităţii dielectrice se va face imediat după măsurarea rezistenţei de izolaţie efectuate cu bobina în stare umedă. Ea se va executa aplicînd între înfăşurări şi părţile metalice exterioare o tensiune alternativă de 2 000 V la care trebuie să reziste bobina.

Verificarea curentului de scurtcircuit se va face într-o schemă obişnuită, cercetîndu-se ca acesta să nu depăşească valorile prescrise. Astfel, pentru bobina lămpii de 400 W, curentul nu trebuie să depăşească valoarea de 5 A. Totodată se impune revenirea la montajul între fază şi nul cu bobina amplasată înspre fază la reţelele la care se foloseşte schema montării între faze.

1.3.3. *Lămpile cu xenon.* Una din ultimele realizări deosebit de interesante pentru dezvoltarea instalaţiilor de iluminat exterior o constituie lămpile cu xenon de mare putere [12], [14], [15], [16]. Aceste surse, datorită posibilităţilor lor extraordinare de concentrare a fluxului luminos (o unitate de 6—65 kW), ca şi spectrului lor luminos care este asemănător cu lumina zilei, deschid noi perspective în iluminatul exterior. O asemenea lampă constă dintr-un tub de cuarţ, umplut cu xenon pur, avînd la capete doi electrozi puternici între care se produce descărcarea. Din cauza curenţilor intenşi care parcurg lampa în timpul funcţionării — puterile acestor lămpi fiind de ordinul zecilor de kW — fixarea electrozilor se face pe o lungime relativ mare, avîndu-se grijă de a se asigura o răcire corespunzătoare la capete; în caz contrar, cuarţul se poate deteriora.

Montarea lămpii trebuie făcută pe o suspensie elastică, deoarece electrozii nu suportă şocuri sau trepidaţii puternice. Tubul de cuarţ este protejat de un alt tub de sticlă care are şi rolul de a nu admite trecerea în exterior a razelor ultraviolete vătămătoare pentru piele şi ochi. Aceste lămpi au un element de preconectare care este o bobină analogă cu aceea a celorlalte tipuri de lămpi cu descărcări în gaze. Pentru aprindere, lămpile cu xenon necesită o tensiune foarte ridicată, de ordinul zecilor de kV (50—70 kV), care se obţine de la startere speciale (transformatoare Tesla); acestea trebuie amplasate în imediata apropiere a lămpii. Reaprinderea în cazul unei scăderi a tensiunii este posibilă numai după trecerea unui anumit timp de răcire. În ultimul timp s-a realizat în U.R.S.S. o lampă cu xenon deosebită, net avantajoasă faţă de toate celelalte produse similare cunoscute pînă în prezent: o lampă de 20 kW ce se poate lega direct la reţea, fără intermediul unei bobine, ceea ce uşurează foarte mult exploatarea [13].

Pentru a se putea aprecia importanţa acestei realizări se arată în tabela 11 ce cheltuială de materiale reprezintă bobinele şi condensatoarele la tipurile principale de lămpi cu descărcări în gaze folosite [13].

Tabela 11

Cheltuielile legate de confecţionarea bobinelor pentru lămpile cu descărcări în gaze

Tipul lămpii	Puterea unei lămpi, W	Numărul de lămpi pentru 0,50 Mlm, buc.	Cheltuiala de metal pentru realizarea bobinelor necesare pentru 0,500 Mlm		Condensatoare pentru compensare, μF
			Cupru, kg	Oţel, kg	
Fluorescente	40	250	50	250	1 000
LVM	500	25	64	160	1 000
Xenon	20 000	1	50	150	400

În tabela 12 se dau cîteva date luminotehnice ale celor mai cunoscute producţii de lămpi cu xenon după [13].

După cum se vede din tabela 12, caracteristicile lămpii sovietice DKST—20 000 sînt net superioare tuturor celorlalte tipuri prezentate.

O instalaţie folosind trei lămpi cu xenon de 20 kW a fost realizată pentru a ilumina o piaţă dintr-un mare oraş. Lămpile cu xenon sînt conectate (cu bobinele lor) între faze, la tensiunea de 380 V, formînd astfel o sarcină echilibrată pentru reţea.

Lampa amorsează imediat, fără a fi influenţată de temperatura mediului exterior, dînd tot fluxul aproape instantaneu.

Corpul de iluminat de construcţie specială pentru vîrful stîlpului a fost făcut hexagonal, avînd un diametru de 4,8 m şi o greutate de 1,2 t. Pe trei laturi sînt montate lămpile cu xenon, fixate în reflectoare cu oglinzi parabolice de aluminiu. Pe celelate trei laturi sînt fixate starterele. Tot pe aceste trei laturi sînt montate şase lămpi cu vapori de mercur de 400 W, cu bobinele lor; ele sînt amplasate în corpuri cu reflectoare ovale şi ard singure numai în orele de circulaţie redusă. Fluxul total al instalaţiei este de circa 1,7 milioane lm.

Deoarece tensiunea de amorsare a lămpii este de 50—70 kV, a fost necesară aducerea starterelor cît mai aproape de capetele lămpii.

Instalaţia nu necesită răcire specială, însă cere o ventilaţie bună. În acest scop s-a montat pe vîrful stîlpului un ventilator special. Un releu blochează funcţionarea lămpilor fără ventilator. Tot aparatajul auxiliar este montat într-o cameră situată la 30 m de stîlp.

Stîlpul de beton armat centrifugat este de 32 m înălţime şi de 1,8 m în pămînt. Diametrul la bază este de 70 cm şi la vîrf de 20 cm; greutatea: 9,6 t.

Stîlpul a fost ridicat cu tot echipamentul montat pe el, circulaţia neputînd fi întreruptă mai mult de 2,5 ore.

Tabela 12

Caracteristicile cîtorva tipuri de lămpi cu xenon

Tipul lămpii	Fabricaţia	Puterea, kW	Tensiunea de alimentare, V	Tensiunea aplicată lămpii, V	Curentul, A	Eficacitatea luminoasă, lm/W	Fluxul total, Mlm	Factorul de putere aproximativ	Lungimea porţiunii luminoase, mm	Lungimea, mm	Diametrul tubului, mm	Durata de viaţă, ore	Intensitatea luminoasă, cd	Necesitate bobine
DKST (ДКСТ)— 20 000	U.R.S.S.	20	380	380	57	29	0,580	1	1 680	1 980	27	500	56	nu
XQO — 6 000	Osram	6	220	135	45	23	0,138	0,64	520	—	—	—	11	da
XQO — 10 000	,,	10	220	140	75	22	0,220	0,64	750	—	—	—	18	da
XQO — 20 000	,,	20	380	270	75	25	0,500	0,73	1 700	1 900	30	500	45	da
XQO — 65 000	,,	65	380	270	250	31	2,000	0,71	1 800	2 400	50	—	180	da

1.4. *Surse electroluminescente*

Lămpile electroluminescente constituie una din ultimele creații în domeniul surselor luminoase. Ele se caracterizează prin aceea că pot lua forma de plăci cît se poate de economice din punct de vedere al spațiului și pot fi montate cu ușurință.

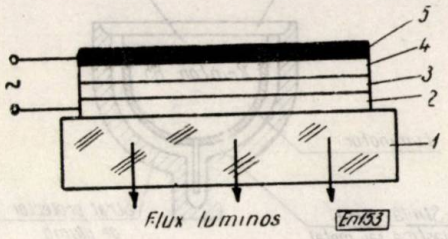


Fig. 23. Sursă electroluminescentă :
1 — suport de sticlă; *2* — electrod transparent; *3* — strat de luminofor; *4* — strat izolant; *5* — electrod metalic.

În prezent ele se fabrică într-o mare diversitate de forme, dimensiuni și culori.

Construcția unei surse electroluminescente este reprezentată schematic în figura 23.

Pe o placă de sticlă servind ca suport (*1*), se fixează un electrod de mare suprafață transparent (*2*) din material semiconductor (oxizi de titan de exemplu). Peste acești electrozi se depozitează un strat subțire de luminofori fixați într-o substanță dielectrică (lac, sticlă sau email). Luminoforul este de obicei sulfit de zinc preparat special cu cupru sau mangan drept activator. Prin metalizarea acestui strat dielectric cu luminofor se obține al doilea electrod de suprafață (*5*). Luminoforul astfel amplasat între electrozii unui condensator cu plăci este capabil, la aplicarea unei tensiuni alternative, să producă radiații luminoase. Pentru a se obține intensitatea corespunzătoare a cîmpului electric din condensator, la tensiunile uzuale folosite în prezent, este necesar ca stratul de luminofor să fie cît se poate de subțire (10—50 μ). Pericolul unei străpungeri poate fi evitat printr-un strat izolant amplasat între dielectricul ce conține luminoforul și electrodul superior.

Sursele electroluminescente pot produce lumină colorată, ca de exemplu verde, albastră, galbenă, roșie sau albă, printr-un amestec corespunzător de luminofori.

Parametrii cei mai importanți care influențează strălucirea plăcilor electroluminescente sînt tensiunea și frecvența cîmpului alternativ.

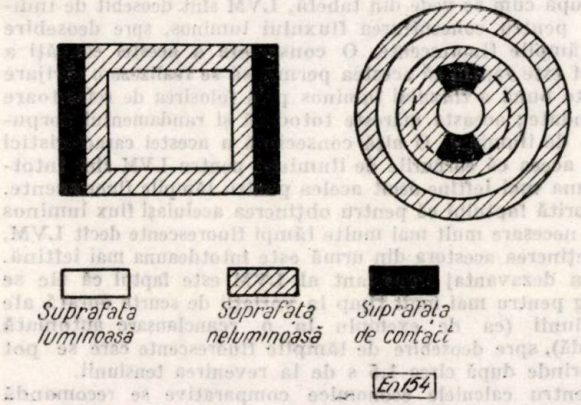


Fig. 24. Surse electroluminescente.

Astfel, la o creștere a tensiunii se constată de asemenea o creștere a strălucirii sursei electroluminescente. Mărind frecvența cîmpului alternativ, se observă o creștere a strălucirii, la început proporțională cu frecvența; la frecvențe mai mari (cîțiva kHz) apare însă o saturație.

Eficacitatea luminoasă obținută pînă în prezent la lămpile electroluminescente nu depășește valoarea de 10 lm/W.

Ca valori orientative se poate considera o emisie luminoasă de 20—30 lm/m² cu un consum de putere de 4—15 W/m². Factorul de putere variază între 0,1—0,26.

În prezent, sursele electroluminescente nu pot primi încă o largă utilizare. Ele sînt folosite numai în domenii speciale și drept surse auxiliare de lumină.

Deoarece sînt izvoare luminoase de mare suprafață și de grosime redusă (4 mm), aceste surse pot fi utilizate cu succes la reclame luminoase, la iluminatul cadranelor de ceasuri, al scalelor de radio, al unor tăbliță indicatoare, ca și pentru orice alte utilizări care cer o iluminare uniformă a unei suprafețe.

În prezent se fac cercetări pentru utilizarea surselor electroluminescente la instalațiile de televiziune.

În figura 24 se arată forma a două surse electroluminescente, iar în tabela 13 se dau cîteva caracteristici tehnice ale acestora.

Tabela 13

Cîteva caracteristici ale surselor electroluminescente

Caracteristica	Valoarea
Frecvența nominală	50 Hz
Tensiunea nominală	220 V
Valoarea maximă a tensiunii	~340 V
Tg δ	~0,2
Capacitatea pe m²	~3 μF
Puterea	~8 W/m²
Fluxul luminos la 50 Hz	~22 lm/m²
Fluxul luminos la 100 Hz	~15 lm/m²
Fluxul luminos la 400 Hz	~130 lm/m²
Fluxul luminos la 600 Hz	~200 lm/m²

1.5. *Surse de lumină atomice*

O sursă de lumină care se va dezvolta odată cu pătrunderea energiei atomice în tehnică este lampa atomică. Ea prezintă deocamdată mai mult interes pentru instalații exterioare, și anume pentru acele regiuni în care alimentarea cu energie electrică nu se poate face, sau se poate realiza în condiții economice defavorabile. Astfel, aceste lămpi pot fi utilizate pentru semnalizarea luminoasă și iluminatul tunelelor de cale ferată, pe submarine sau pe avioane, în locuri accidentate etc.

În literatura publicată în legătură cu această problemă se arată că reziduurile radioactive ale centralelor atomoelectrice pot servi drept surse de radiații pentru lămpile atomice.

Principiul de funcționare a acestor surse de lumină este următorul: radiațiile radioactive care apar sub formă de particule elementare la descompunerea unei substanțe radioactive excită o substanță luminescentă (un luminofor), care se găsește de obicei pe pereții vasului în care se află materialul care se dezagregă. Radiațiile emise pot fi de trei feluri: α, β sau γ, și ele pot apărea în funcție de substanță, fie izolate, fie simultan, în diferite proporții.

La construcția acestor surse s-au pus două probleme importante: protecția fiziologică și alegerea luminoforilor celor mai adecvați.

Cercetările făcute au arătat că substanțele radioactive care emit radiații β sînt cele mai favorabile, atît în ceea ce privește activarea luminoforilor, cît și pentru realizarea unor ecrane fiziologice acceptabile. Luminoforul utilizat în aceste surse luminoase trebuie să dea maximum de radiații la excitantul radioactiv ales, pe de o parte, și să îmbătrînească cît se poate de lent, ținînd seamă că aceste surse de lumină funcționează mulți ani fără întrerupere, pe de altă parte.

Experimentările realizate în acest domeniu au arătat că substanța radioactivă kripton 85, în amestec de 3% cu kripton obișnuit, cu un luminofor complex format din sare

Tabela 14

Compararea caracteristicilor principale ale lămpilor fluorescente cu vapori de mercur și incandescente

Sursa de lumină	Date luminotehnice								Date de exploatare					
	Puterea totală absorbită (inclusiv bobina), W	Fluxul luminos, lm	Eficacitatea luminoasă, lm/W	Strălucirea, sb	Durata de viață, ore		Posibilitatea de concentrare a fluxului luminos într-un corp de iluminat			Durata perioadei tranzitorii	Valoarea inițială aproximativă a curentului de amorsare, $\times I_n$	Durata revenirii la fluxul normal în caz de întrerupere	Numărul de piese într-un corp de iluminat	Numărul de contacte ale unui corp de iluminat	Probabilitatea de defectare în timpul perioadei de funcționare	Necesitatea de personal calificat pentru întreținere
					sursa	ansamblul	cu trei lămpi fluorescente, lm	cu 1 LVM, lm	% lm							
Lampa fluorescentă de 40 W (PFS)	54	2 600	48	0,65	7 500	mai mică	7 800	—	100	circa 1,5 s	1,4	circa 1,5 s	9**	39*	mare	da
Lampa fluorescentă de 65 W	77	4 250	55	0,8	7 500	mai mică	12 750	—	163	circa 1,5 s	1,4	circa 1,5 s	9**	39*	mare	da
LVM—250 W	265	11 000	41,5	15	5 000	practic 5000	—	11 000	141	circa 4 minute	1,5	circa 6 minute	3**	8	mult mai redusă	nu
LVM—400 W	419	19 000	45,5	15	5 000	practic 5000	—	19 000	242	circa 4 minute	1,5	circa 6 minute	3**	8	mult mai redusă	nu
Lampa cu incandescență de 300 W	300	4 260	14	—	1 000	1 000	—	4 260	55	—	—	—	1	2	mult mai redusă	nu

* Schema din figura 7. ** S-a considerat și condensatorul pentru compensarea factorului de putere.

de radiu, sulfit de cadmiu și sulfit de zinc, cu activator din cupru și cadmiu sau argint, poate fi utilizată cu succes în acest scop.

În figura 25 se arată o secțiune printr-o asemenea lampă realizată. Drept ecran fiziologic împotriva radiațiilor γ (în

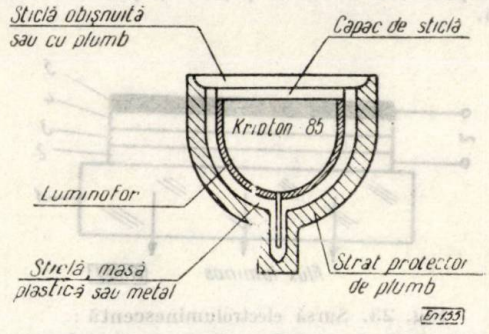


Fig. 25. Lampă atomică.

cantitate mai mică) și a radiațiilor β (mai multe dar mai puțin nocive) se folosește o sticlă de plumb formată din trei straturi, care îmbracă din exterior capsula cu material radioactiv pe porțiunea transparentă, și plăci de plumb pentru restul porțiunilor.

1.6. *Criterii pentru alegerea sursei luminoase corespunzătoare*

Alegerea sursei luminoase corespunzătoare pentru rezolvarea unei anumite probleme luminotehnice pune proiectantul adeseori în situații dificile. În acest scop trebuie analizate o serie întreagă de considerente, fiecare dintre ele intervenind cu o anumită pondere, mai mare sau mai mică. Experiența a arătat că patru sînt criteriile principale de care trebuie să se țină seamă la alegerea sursei luminoase pentru o instalație de iluminat exterior, și anume: considerente luminotehnice, economice, de exploatare și estetice.

Asupra importanței care trebuie acordată fiecăruia din aceste criterii nu se pot face recomandări cu caracter general; ele trebuie analizate de la caz la caz, și ponderea cu care intervin în alegerea soluției depinde exclusiv de obiectul instalației. Astfel, cu totul deosebită va fi importanța care trebuie să se acorde considerentelor estetice la iluminatul public al unei șosele de mare circulație, sau la acel al unui șantier de centrală electrică.

Pentru a prezenta totuși o privire generală asupra calităților surselor de lumină folosite în mod curent în iluminatul exterior s-a întocmit tabela 14, în care se arată comparativ aspectele luminotehnice și de exploatare ale lămpilor fluorescente, cu vapori de mercur și incandescente.

După cum se vede din tabelă, LVM sînt deosebit de indicate pentru concentrarea fluxului luminos, spre deosebire de lămpile fluorescente. O consecință a acestei calități a LVM este faptul că acestea permit să se realizeze o dirijare foarte bună a fluxului luminos prin folosirea de reflectoare oglindate; aceasta mărește totodată și randamentul corpurilor de iluminat. O altă consecință a acestei caracteristici este aceea că corpurile de iluminat pentru LVM sînt întotdeauna mai ieftine decît acelea pentru lămpile fluorescente. Datorită faptului că pentru obținerea aceluiași flux luminos sînt necesare mult mai multe lămpi fluorescente decît LVM, întreținerea acestora din urmă este întotdeauna mai ieftină.

Un dezavantaj important al LVM este faptul că ele se sting pentru mai mult timp la variații de scurtă durată ale tensiunii (ca de exemplu la o reanclanșare automată rapidă), spre deosebire de lămpile fluorescente care se pot reaprinde după circa 1,5 s de la revenirea tensiunii.

Pentru calculele economice comparative se recomandă analizarea cheltuielilor de investiție și de exploatare ale diverselor soluții posibile.

Determinarea cheltuielilor de exploatare se poate face cu ajutorul următoarei formule:

$$C = (A + I)\frac{p}{100} + \frac{B}{L}T + SNT + W \text{ (lei/an)},$$

unde:

C reprezintă cheltuielile anuale de exploatare (lei);
A — costul corpurilor de iluminat, inclusiv al aparatelor auxiliare (bobine, startere etc.) (lei);
I — restul cheltuielilor de investiţii (stîlpi, cabluri etc.) (lei)
p — cota de amortizare anuală (%);
B — costul surselor luminoase (lei);
L — durata de viaţă a lămpii (ore);
T — durata anuală de utilizare a instalaţiei (ore);
S — costul energiei electrice (lei/kWh);
N — puterea instalată (inclusiv aparatele auxiliare) (kW);
W — cheltuieliele de întreţinere anuale (lei).

Notînd cu D_1 şi D_2 totalitatea cheltuielor de investiţii a două soluţii care se compară ($D_1 > D_2$) şi cu K_1, respectiv K_2 cheltuielile de exploatare ($K_1 < K_2$), soluţia 1 este mai avantajoasă din punct de vedere economic, dacă

$$\frac{D_1 - D_2}{K_2 - K_1} < 5;$$

dacă $\frac{D_1 - D_2}{K_2 - K_1} > 5$, soluţia 2 poate fi considerată drept avantajoasă.

În capitolele următoare, privind iluminatul străzilor, se vor arăta exemple concrete de calcule economice comparative, în care se va ţine seamă şi de celelalte criterii, în funcţie de importanţa lor.

Bibliografie

[1] *Pearsin, C. W., Linsday, E. A., Dorsey, R. T.* Lămpi cu incandescenţă cu filament axial (Lampa nakalivania s axialnoi nitiu). În culegerea: Probleme de tehnica iluminatului de peste hotare (Voprosî svetotehniki za rubejom), G.E.I., Moscova-Leningrad, 1959, p. 162—167.

[2] *Dadiomov, M. S.* Iluminatul cu proiectoare (Projektornoe osveşcenie). G.E.I., Moscova-Leningrad, 1960, p. 1—25.

[3] Electrofar, Catalog de lămpi fluorescente, 1960.

[4] Noutăţi în elaborarea surselor luminoase (Novoe o razrabotke istocinikov sveta). În: Svetotehnika 6, nr. 2, febr. 1960, p. 30—31.

[5] *Arit, H. J.* şi *Kümmnitz, H.* Temperatura lămpilor fluorescente puternic încărcate (Das Temperatur-Verhalten hochbelasteter Leuchtstofflampen). În: Elektrizitätsverwertung 35, nr. 1—2, ian.-febr. 1960, p. 9—14.

[6] *Van Boort, H. J.* Lămpi fluorescente pentru puteri mai mari (Leuchtstofflampen für höhere Leistungen). În: Elektrizitätsverwertung 35, nr. 1—2, ian.-febr. 1960, p. 15—19.

[7] Problemele eficienţei lămpilor fluorescente cu strat reflectător (Voprosî effektivnosti liuminiştentnîi lamp s vnutrinim otrajatelem). În: Svetotehnika 5, nr. 12, dec. 1959, p. 28—29.

[8] *Skobelev, V. M.* Stadiul tehnicii aparaturii de pornire pentru lămpile fluorescente (Sostoianie tehniki puskoreguliruiuşcih aparatî dlia liuminştentnîie lampî). În: Svetotehnika 5, nr. 2, febr. 1959, p. 1—7.

[9] Osram — Lămpi fluorescente şi startere (Leuchtstofflampen und Starter). Catalog 1958.

[10] *Kaneyama, A.* şi *Someya, A.* Despre lămpile fluorescente supraîncărcate. În: J. Illum. Engng. Inst. Japan 43, nr. 9, 1959, p. 396—403. Extras după Referativnîi Jurnal, seria Elektrotehnika nr. 3, 1961, ref. 3 B 37, pag. 6.

[11] *Macrin, Gh.* Lămpile cu descărcări în gaze şi vapori de mercur folosite în iluminatul general. În: Electrotehnica 9, nr. 9, sept. 1961, p. 316—324.

[12] *Stolte, E.* Limitarea curenţilor de armonice produse de lămpile cu descărcări în gaze. În: E.T.Z.—B 8, nr. 1, 21 ian. 1956, p. 22—25.

[13] *Marşak, I. S., Vasiliev, V. T.* Lămpi „solare" puternice cu xenon, de formă tubulară, funcţionînd fără bobină (Mocinîe, trubceatîe „solnecinîe" xenonovîe lampî, rabotaiuşcie bez balasta). În: Svetotehnika 7, nr. 4, april. 1961, p. 8—16.

[14] *Ramert, H.* Condiţiile de alimentare şi de control ale lămpilor de înaltă presiune cu xenon. În: ETZ—B 8, nr. 1, 21 ian. 1956, p. 16—21.

[15] *Schmidt, W.* şi *Lehmann, T.* Un corp de iluminat de mare suprafaţă cu lămpi cu xenon de mare putere (A large area luminaire with xenon lamps of ligh loading). În: Light and Lighting nr. 1, ian. 1959, p. 24—26.

[16] *Lompe, A.* O nouă lampă cu xenon (Ein neuer Typ von Xenonlampen). În: Lichttechnik 10, nr. 3, mart. 1958, p. 108—110.

[17] *Kosel, H.* Electroluminescenţa (Elektroluminiszenz). În: ETZ—B 10, nr. 10, 21 oct. 1958, p. 391—392.

[18] *Belov, K. P.* Surse de lumină atomice (Atomnîe istociniki sveta). În: Jeleznodorojnîi transport 41, nr. 12, dec. 1959, p. 85—87.

[19] *Stolte, E.* Avantajele şi dezavantajele utilizării diferitelor tipuri de lămpi cu descărcări în gaze pentru iluminatul public. În: Lichttechnik 10, nr. 12, dec. 1958, p. 609—613.

[20] A. E. G. Catalog de lămpi. Ediţia 1956.

Ministerul Minelor și Energiei Electrice. Departamentul Energiei Electrice. Prescripția nr. 12—61 : **Prescripții pentru linii aeriene de distribuție a energiei electrice, cu tensiunea pînă la 1 000 V inclusiv** (partea mecanică). ICSE, București, 1961.

Prescripția recenzată reprezintă o ediție nouă, revizuită, a celei pentru linii electrice aeriene cu tensiuni pînă la 1 000 V inclusiv, în care s-au cuprins cele mai recente învățăminte ale tehnicii noi, în special în ceea ce privește construcția mai economică a acestor linii, denumite mai pe scurt „linii aeriene de joasă tensiune". Posibilitatea de ieftinire a acestor linii, față de prevederile vechilor prescripții, se bazează în special pe faptul că ele se construiesc în majoritate în interiorul localităților sau în incinta unităților industriale, fiind astfel supuse unor solicitări mai reduse în ceea ce privește vîntul, datorită obstacolelor opuse acestuia de construcții și plantații. O dată cu reducerea forțelor de vînt se reduc și depunerile de chiciură pe conductoarele liniilor din interiorul localităților.

În primul capitol al prescripției se precizează domeniul de valabilitate a prevederilor ei și se formulează definițiile noțiunilor cuprinse în prescripție.

În special, s-a precizat aici că prescripția se aplică numai liniilor de distribuție a energiei electrice, întrucît în aceeași grupă a liniilor cu tensiuni pînă la 1 000 V inclusiv intră și conductoarele de contact ale tracțiunii electrice și diferite circuite de telecomunicații, radioficare, telesemnalizări și telecomenzi, care se construiesc după prescripții speciale. Față de vechea ediție, apar aici definiții noi, referitoare la linia de stîlpi (totalitatea stîlpilor, definind pe teren traseul unei linii electrice și pe care se pot monta mai multe circuite, cu specificele diferite, arătate mai sus), precum și referitoare la circuite de curent continuu, monofazice și trifazice, cu notarea tensiunilor și numărului de conductoare. Se definesc, de asemenea, în primul capitol, noțiunile de racord, de branșament și de instalație exterioară la consumator (după contor).

În capitolul II : Condiții meteorologice de calcul, s-au introdus diferențe esențiale față de prevederile din vechea prescripție, în care în general se admiteau aproape aceleași date meteorologice de calcul pentru liniile de joasă tensiune ca și pentru cele de înaltă tensiune (cu tensiuni peste 1 000 V). Astfel, din punctul de vedere al condițiilor meteorologice, s-a făcut o distincție totală între liniile de joasă tensiune din zone nelocuite și cele amplasate în zone locuite — respectiv în localități sau în incinta unităților industriale. Liniile din prima categorie se dimensionează la mărimile meteorologice efectiv determinate în zona respectivă, și numai în lipsa acestora se recurge la datele din tabela cuprinsă în prescripție. În această tabelă s-au menținut cele două zone meteorologice, valabile la liniile cu tensiuni peste 1 000 V, dar numai pentru depunerile de chiciură pe conductoare, întrucît pentru vîntul maxim s-a admis aceeași valoare de 25 m/s pentru ambele zone (față de 30 m/s în zona I, subzona cea mai expusă, pentru liniile cu tensiuni peste 1 000 V).

În ceea ce privește împărțirea pe zone meteorologice a țării, ea este identică cu aceea valabilă pentru liniile de telecomunicații, conform STAS 1999, zona I meteorologică fiind mai restrînsă decît cea valabilă pentru liniile cu tensiuni peste 1 000 V.

Liniile amplasate în zone locuite se dimensionează după datele cuprinse în tabela menționată mai sus, fără a se mai recurge la mosurători exacte. În aceste zone, vîntul maxim se admite la o viteză de 20 m/s, indiferent de zona meteorologică în care este amplasată localitatea respectivă, iar grosimea de chiciură maximă, depusă pe conductoare, se ia de 14 mm în zona I meteorologică și de 10 mm în zona a II-a (față de 17, respectiv 13 mm în aceleași zone nelocuite).

În fine, coeficientul de nesimultaneitate din relația de calcul al forței vîntului bătînd pe conductoare se ia în toate cazurile la valorile 0,8÷0,9, în loc de 0,7÷1,0, în cazul liniilor cu tensiuni peste 1 000 V, iar coeficientul aerodinamic din aceeași relație se ia constant de 1,1, în loc de 1,1÷1,2, în cazul liniilor electrice aeriene cu tensiuni peste 1 000 V. Toate aceste prevederi sînt raționale, dacă se ține seamă de faptul că înălțimile deasupra solului ale conductoarelor depășesc rareori 8 m în rețelele de joasă tensiune, față de 10 m minimum la stîlpi, în cazul înaltei tensiuni (peste 1 000 V). Deci, conductoarele de joasă tensiune se găsesc la nivelul diferitelor obstacole, care reduc viteza vîntului. Cu aceasta se reduc și depunerile de chiciură pe conductoare, îngustîndu-se astfel zona I meteorologică, în care se admite grosimea maximă a depunerii de 17 mm pe terenuri nelocuite. Mai departe, frînarea curenților de aer, la nivele mai apropiate de sol, conduce și la coeficienți mai reduși pentru nesimultaneitatea vitezei maxime a vîntului, pe deschideri întregi de linie.

În fine coeficientul aerodinamic, din relația forței vîntului pe conductoare, se poate menține la valoarea redusă de 1,1, date fiind straturile de chiciură mai uniform depuse în deschiderile reduse ale liniilor de joasă tensiune.

Conductoarele acestor linii (cap. III din prescripție) se mențin la secțiuni minime mai reduse (6 pînă la 25 mm² conductoare masive de aluminiu, 3 pînă la 6 mm diametru conductoare masive din oțel, 6 și 10 mm² conductoare de aluminiu în branșamente pînă la 10 m și peste această lungime) față de cele prevăzute pentru liniile electrice aeriene cu tensiuni peste 1 000 V.

Ca și în cazul noilor prescripții pentru linii cu tensiuni peste 1 000 V, s-a redus coeficientul de siguranță, în deschideri de traversare peste obiecte importante, de la 3 la 2,5; iar pentru izolatoarele rigide și suporturile lor s-au adoptat coeficienții de siguranță de 2,5 la tracțiune normală și 3, respectiv 3,2, la suporturi în cazul utilizării tracțiunii reduse (cap. IV : Izolatoare și armături).

La definirea tipurilor de stîlpi pentru linii de joasă tensiune (cap. V : Tipuri de stîlpi) s-au menținut cele șase tipuri din vechea ediție (de susținere, întindere și colț, de capăt, de derivație și de intersecție), principiul ca să nu se prevadă stîlpi de întindere în aliniamente, și în general ca stîlpii să nu se dimensioneze în condiție de avarie (cu conductoare rupte). Mai departe se reglementează ancorarea stîlpilor, care se admite oriunde nu jenează circulația; se admit ancore de minimum 25 mm² din funie de oțel sau din oțel masiv de minimum 6 mm diametru, prevăzîndu-se montarea unui izolator de întindere la cel puțin 2,5 m deasupra solului, dacă se fixează la o distanță mai mică de sol capătul inferior al ancorei. Ancorele se dimensionează la un coeficient de siguranță mecanic egal cu 3.

În cazul special al stîlpilor de lemn s-au introdus tabelele de dimensiuni ale stîlpilor în funcție de efortul ce li se aplică la vîrf, identice cu cele utilizate în STAS 1999 pentru liniile de telecomunicații, prevăzîndu-se și utilizarea stîlpilor de foioase. Se precizează totodată dimensiuni minime reduse la 12 cm diametru la vîrf pentru stîlpi de conifere și 10 cm pentru cei din foioase la elementele calculate ale stîlpilor. Elementele auxiliare necalculate vor avea un diametru minim la vîrf de 10 cm, în cazul coniferelor (cap. VI : Stîlpi de lemn). În rest s-au menținut datele de calcul, cu precizarea rezistențelor mecanice și pentru stejar și salcîm, în afara celor pentru fag, din vechea ediție.

Pentru stîlpii de beton armat s-au adoptat prevederile din prescripțiile pentru liniile electrice aeriene cu tensiuni peste 1 000 V, ținîndu-se seamă de specificul liniilor de joasă tensiune (cap. VII : Stîlpi de beton armat). În ceea ce privește dispoziția conductoarelor pe stîlpi, se prevede așezarea conductorului de nul în partea superioară, servind totodată drept conductor de protecție. Legarea la pămînt a nulului se face la capetele ramificațiilor și din 500 în 500 metri, pe porțiuni neramificate, numai în zone bîntuite de descărcări atmosferice; în localități, liniile nefiind ecranate prin construcții, arbori înalți etc., legările la pămînt se dispun la fiecare 300 m. Distanțele pe verticală între conductoare se prevăd a fi de minimum 50 cm în zona I meteorologică și de minimum 40 cm în zona a II-a meteorologică, iar cele pe orizontală de 20—30 cm în zona a II-a și de 34 cm în zona I. Prescripția mai conține prevederile cuprinse și în prescripțiile pentru linii electrice aeriene cu tensiuni peste 1000 V relativ la montarea pe stîlpi comuni a unor circuite de înaltă tensiune (pînă la 15 kV) și de joasă tensiune, precum

și la distanțele minime față de sol, la fel ca în vechea ediție (6 m în zone locuite, 5 m în zone nelocuite și 4 m peste terenuri greu accesibile), la care se adaugă cea de 1 m peste zone din munți și terenuri stîncoase, inaccesibile pietonilor (cap. VIII: Așezarea conductoarelor pe stîlpi, protecții contra supratensiunilor, legări la pămînt).

În capitolul IX se publică o tabelă cu adîncimile de îngropare a stîlpilor direct încastrați în pămînt, în funcție de secțiunea totală a conductoarelor susținute, de înălțimea stîlpilor peste sol și de modul de forare al gropilor.

Capitolul X tratează despre porțiunile speciale de traseu ale liniilor de joasă tensiune și despre intersecțiile lor cu diferite obiecte și instalații. Aici s-a prevăzut în primul rînd, față de vechea ediție, un unghi de traversare redus de la 45 la 30° și nenormat la branșamente.

Prescripția admite traversări ale liniilor de joasă tensiune peste case, dar numai sub formă de branșamente și numai pînă la intrarea în clădiri. Față de vechea ediție, s-au redus mult distanțele de apropiere în raport cu elementele clădirilor (pereți, uși și ferestre, balcoane, coșuri), corespunzător unor situații existente și care s-au dovedit ca admisibile în practică. De asemenea s-au redus mult distanțele conductoarelor și ale stîlpilor la diferite obiecte, fiind în special de subliniat reducerea distanței de la stîlpi la marginea șoselelor, în zone locuite, de la 1,50 la 0,55 m, precum și reglementarea situației stîlpilor plasați în imediata vecinătate a liniilor ferate, sau între acestea, în gări.

Traversările nu se prevăd cu stîlpi de întindere, cu conductoarele montate pe izolatoare dublate decît în cazul intersecțiilor liniilor de joasă tensiune cu căi ferate cu trafic permanent, cu șosele naționale avînd pe margini circuite de telecomunicații, peste linii permanente de telecomunicații militare, peste funiculare și conducte cu fluide combustibile pozate deasupra solului.

Se recomandă să se traverseze căile ferate electrificate pe dedesubt, în cablu subteran, iar pe deasupra numai cînd se poate realiza aceasta cu stîlpi de întindere de înălțime normală (de exemplu, cînd calea ferată este amplasată în debleu, respectiv în tranșee). Tramvaiele și troleibuzele se traversează pe deasupra la deschideri mici cu stîlpi de înălțime normală.

În principiu nu este permisă trecerea directă peste cursuri de apă navigabile, liniile de joasă tensiune urmînd a fi amplasate pe poduri. În cazuri excepționale, cînd aceasta nu se poate realiza, traversarea se face între stîlpi de întindere cu izolatoare dublate.

Pentru intersecțiile între linii electrice aeriene de joasă tensiune și linii de telecomunicații, s-au introdus în prescripție prevederile din STAS 6290—61, special întocmite în acest scop. Acestea permit, între altele trecerea liniilor de joasă tensiune pe sub fiderii de radioficare cu tensiuni de 440 și 960 V și cu branșamente pe sub restul circuitelor aeriene de telecomunicații, cînd trecerea pe deasupra lor nu este justificată din punct de vedere tehnico-economic.

Prescripția trimite la prevederile din STAS 831 pentru utilizarea stîlpilor comuni pentru susținere de circuite diverse (de energie electrică, tracțiune electrică, telecomunicații, iluminat public).

Ultimul capitol (XI) al prescripției tratează despre branșamente introducînd ca element nou posibilitatea trecerii acestora peste trotuare și drumuri necarosabile la numai 3,5 m de sol cu conductoare cu înveliș rezistent la intemperii (înveliți), iar peste curți și grădini necarosabile, la aceeași înălțime, cu conductoare izolate cu izolație rezistentă la intemperii și la tensiune electrică. Totodată, drumurile și trotuarele necarosabile se pot traversa la 5 m deasupra solului cu branșamente avînd conductoare neizolate (blanc), iar peste curți și grădini carosabile, la aceeași înălțime, cu conductoare învelite.

Părțile carosabile ale drumurilor și cele din curți se traversează în toate cazurile, la minimum 6 m peste sol, cu conductoare neizolate.

Ing. **Vlad Rădulescu**

Electroenergetica

Supratensiuni interne la liniile electrice de transport fără întreruptor pe partea de înaltă tensiune. Artemiev, D.E. În: Elektriceskie Stanții, **32** nr. 9, 1961, p. 67—72

În ultimul timp a căpătat o largă aplicare sistemul linie bloc cu transformatorul fără întreruptor pe partea de înaltă tensiune; această soluție conduce la o reducere consistentă a prețului de cost al construcțiilor, atît din punctul de vedere al investițiilor, cît și din acela al cheltuielilor de exploatare. Pe de altă parte, această schemă de conexiuni conduce la reducerea supratensiunilor de comutație.

În articol sînt cuprinse rezultatele cercetărilor experimentale efectuate pentru determinarea supratensiunilor la declanșarea liniilor bloc cu transformatorul și condițiile de lucru ale descărcătoarelor pentru limitarea acestor supratensiuni. Rezultatele experimentale au fost obținute în urma încercărilor efectuate în rețelele de 110, 220 și 400 kV.

În cazul declanșării blocului transformator-linie în gol, supratensiunile sînt mai reduse decît la conectarea aceleiași linii, ca o urmare a faptului că transformatorul constituie un șunt prin care se descarcă linia, și deci viteza de creștere a supratensiunii scade; cu cît viteza este mai mică, cu atît și probabilitatea de reaprindere a arcului este mai redusă și valoarea supratensiunii mai însemnată. Se menționează că măsurarea supratensiunii apare necesară îndeosebi la trecerea liniilor la o tensiune nominală superioară și cînd se aplică soluția cu autotransformator ridicător. Supratensiunile care apar la cuplarea blocului linie-transformator au caracterul unor supratensiuni de rezonanță, deoarece valoarea lor maximă apare atunci cînd frecvența proprie a circuitului este apropiată de frecvența tensiunii aplicate.

DOCUMENTARE

Posibilitatea limitării supratensiunilor de către descărcător a fost analizată atît pe model, cît și în sistem. Descărcătorul trebuie să asigure, în acest caz, trecerea supratensiunii pînă la durata de acționare a protecției prin relee, și de aceea el este prevăzut cu rezistență metalică și cu posibilitate de stingere cu aer.

Articolul cuprinde date prețioase asupra nivelului supratensiunilor.

p.b.

Montarea conductoarelor liniilor electrice de transport în raioanele de munte. Keselman L. M. În: Elektriceskie Stanții, **32**, nr. 11, 1961 p. 56—61.

La montarea liniilor electrice de transport care trec prin trasee cu denivelări mari, trebuie luate o serie de măsuri și considerate ipoteze de calcul specifice. Autorul dă în articol o metodă de calcul care, spre deosebire de cele uzuale, este mai simplă și dă rezultate mulțumitoare într-un timp relativ scurt.

În efectuarea calculelor s-a presupus întinderea conductorului între stîlpii de întindere și montarea pe role la stîlpii intermediari. Apare necesară calcularea tensiunii și a săgeților la deschiderea superioară și inferioară, iar în cazul cînd acestea depășesc limitele admisibile, la proiectare trebuie să se prevadă ordinea de montaj în porțiunea de întindere respectivă.

În calcule trebuie, de asemenea, să se considere înclinarea lanțurilor de izolatoare care apare după aplicarea clemelor-conductor, ceea ce duce la uniformizarea componentei orizontale a întinderii. Pentru asigurarea aceleiași tracțiuni în toate deschiderile porțiunii de întindere se propune utilizarea prinderii după realizarea săgeții necesare, prin cleme

alunecătoare; în acest caz, şi poziţia lanţurilor de izolatoare rămîne verticală. Deoarece în montaj realizarea acestor condiţii este greoaie, autorul indică mărirea numărului de porţiuni de întindere.

Autorul dă, printr-un exemplu de calcul cuprins în anexă, modul de aplicare a relaţiilor şi concluziilor stabilite.

p.b.

Experienţa de exploatare a stîlpilor de beton armat tipizaţi pentru liniile electrice de 6—35 kV. Triapiţîn, A.V. În; Elektriceskie Stanţii, **32**, nr. 10, 1961, p. 67—69.

Realizarea stîlpilor de beton armat tipizaţi întîmpină unele dificultăţi legate de particularităţile lor: a) trebuie să corespundă pentru diferite tipuri şi dimensiuni de conductoare, armături izolatoare; *b*) necesitatea de a lucra bine în diferite condiţii meteorologice, respectiv la variaţii de temperatură, depuneri de chiciură, vînt etc.; c) posibilitatea de a fi utilizaţi pentru diferite trasee de linii, care trec prin oraşe, sate, păduri etc.

Unul dintre parametrii de bază care determină economicitatea liniei este înălţimea optimă de lucru a stîlpului, adică înălţimea pînă la punctul de atîrnare a conductorului faţă de pămînt.

În articol, autorul, după ce prezintă condiţiile menţionate, trece la analiza amănunţită a acestora, considerînd gama largă de variaţie a dimensiunilor conductorului, traseul, dispoziţia conductoarelor şi posibilitatea transpoziţiei etc.

Pentru a reduce numărul de tipuri de stîlpi se stabilesc sarcinile-limită care trebuie să acţioneze asupra lor şi, ca atare, condiţiile în care pot fi folosiţi (se stabilesc, din punctul de vedere al sarcinilor mecanice, două grupe după condiţiile meteorologice şi dimensiunile conductorului).

În articol se analizează, de asemenea, modul de realizare constructivă a stîlpilor, profilul, procesul tehnologic, precum şi preţul de cost corespunzător. Se prezintă apoi tipuri de stîlpi tipizaţi pentru liniile de 6—10 şi respectiv 35 kV.

p.b.

Întărirea izolaţiei liniei electrice de transport în raioanele cu depuneri intense. Gleizer, M. D. În: Elektriceskie Stanţii, **32**, nr. 10, 1961, p. 61—65.

Asigurarea nivelului de izolaţie, necesar liniilor electrice care trec prin raioane cu depuneri, este legată de greutăţi inerente, iar găsirea optimului este încă analizată în multe ţări.

În lucrare, autorul propune o metodă de îmbunătăţire a izolaţiei liniei prin întrebuinţarea lanţurilor de izolatoare combinate; izolaţia este formată dintr-un lanţ vertical şi două lanţuri orizontale de izolatoare, prinse după razele unei stele cu trei colţuri. Un vîrf al stelei este legat de stîlp şi celelalte două sînt legate între ele cu conductorul liniei.

Aşezarea menţionată prezintă avantajul unei uniformizări a repartiţiei tensiunii, de-a lungul lanţului şi la o anumită structură, la obţinerea unei tensiuni mai ridicate de contumare; în plus, soluţia propusă conduce la mărirea gradului de izolare, chiar în cazul depunerilor.

Se analizează condiţiile pe care trebuie să le satisfacă lanţul din punctul de vedere al eforturilor mecanice şi al schimbării solicitării mecanice a stîlpului, precum şi în ceea ce priveşte asigurarea distanţelor de izolaţie necesare.

Autorul insistă, de asemenea, asupra etapelor de montare a lanţurilor, descriind succesiunea operaţiilor.

Se menţionează ca—pe lîngă aplicarea mai departe a soluţiei propuse—să se analizeze forma optimă a izolatoarelor din punctul de vedere al murdăririi; de asemenea, să se introducă în exploatare, pe scară largă, izolatoare cu gabarite mici.

p.b.

Unele probleme ale automatizării în reţelele electrice. Dadunaşvili, A. S. În: Elektriceskie Stanţii, **32**, 1961, p. 70—74.

Printre problemele cele mai actuale ale automatizării reţelelor electrice, se menţionează: a) determinarea automată a locului defectului pe o linie în momentul apariţiei acestuia; b) blocarea reanclanşării automate rapide în cazul cînd defectul nu este trecător şi c) controlul stării liniei înainte de punerea sub tensiune, pentru a evita cuplarea sub tensiune.

În lucrare, autorul prezintă — pe baza experienţei de exploatare — tratarea condiţiilor menţionate. Astfel, pentru realizarea condiţiei *a* se prezintă numărul de ore-om necesare pentru lichidarea defectului după avarie, din care rezultă că introducerea unei instalaţii care să determine cu eroare de 10% locul defectului prezintă un avantaj esenţial. A doua problemă *b* este legată de necesitatea măririi numărului de ore-om pentru revizia întreruptoarelor care au fost reanclanşate pe defect iar a treia, *c*, de înlăturare a avariilor grave provocate de închiderea pe scurtcircuit. Ca mijloace de realizare a condiţiilor puse, se utilizează instalaţii de control cu impulsuri, care au dat rezultate bune.

În lucrare se descrie schema-bloc necesară pentru fiecare caz în parte şi modul de funcţionare pentru a răspunde condiţiilor puse. Se face, de asemenea, o analiză comparativă a diferitelor aparate căutătoare, de tipul A, B, C, F, K, prezentîndu-se caracteristicile lor de funcţionare şi cazurile cînd pot fi folosite.

p.b.

Termoenergetica

Cicluri şi scheme raţionale pentru instalaţiile de termoficare cu abur-gaze. Andriuşenko, A. I. şi Lapşov, V. N. În; Teploenerghetika nr. 11, 1961, p. 13—18.

Se examinează combinaţia de turbine cu abur de contrapresiune cu instalaţii de turbine cu abur-gaze şi se arată influenţa parametrilor de bază ai ciclului de abur şi de gaze.

Concluziile articolului sînt:

1. Ciclurile şi schemele propuse pentru instalaţiile de termoficare cu abur-gaze permit o producţie specifică de energie electrică 800 kWh/Mkcal la consumatorii de căldură. Consumul specific de combustibil convenţional la C.E.T. cu abur-gaze poate fi coborît pînă la 150 g/kWh, respectiv 160 kg/Mkcal.

2. Consumurile specifice indicate sînt asigurate prin alegerea parametrilor optimi, a parametrilor ciclurilor şi a raportului optim al puterilor turbinei de gaze şi al celei de abur la cea mai simplă schemă fără regenerare, ceea ce reduce sensibil costul părţii termomecanice.

3. Schema-bloc a instalaţiilor reduce cheltuielile de construcţii şi ale părţii electrice.

4. Schemele propuse cu regenerare pentru instalaţiile de termoficare permit folosirea foarte economică a actualelor turbine de gaze pentru C.E.T.

c.d.

Stabilirea parametrilor optimi ai ciclurilor abur-gaze. Kaptan, M. P. În: Teploenerghetika, nr. 5; 1961, p. 6—11

Se examinează problemele legate de alegerea parametrilor optimi ai instalaţiilor de turbine cu abur-gaze. Se dau elemente care caracterizează eficacitatea instalaţiilor corespunzînd nivelurilor actuale ale parametrilor aburului şi gazului.

În încheiere se arată următoarele:

1. Formulele pentru determinarea parametrilor optimi ai turbinei de gaze din instalaţiile de turbine cu abur-gaze, care nu au prize de abur. Formulele sînt valabile şi pentru cazurile cu prize de abur, dacă încălzirea regenerativă cu abur a apei de alimentare se realizează în paralel cu aceea prin gazele arse.

2. Creşterea consumului relativ de abur din ciclul abur-gaze, peste valoarea care asigură un Δt constant între gazele arse şi apa de alimentare, conduce la o scădere a η ciclului.

3. Instalaţiile de turbine cu abur-gaze, fără prize regenerative, la nivelul parametrilor actuali, realizează — în comparaţie cu instalaţiile de abur cu aceiaşi parametri — o economie de combustibil de 13÷15%.

c.d.

Folosirea turbinelor cu gaze în sistemele energetice puternice. Kostiuk, A. G. şi Suralov, G. I. În: Teploenerghetika nr. 5, 1961, p. 3—6.

Se examinează posibilitatea şi oportunitatea folosirii turbinelor cu gaze ca agregate de vîrf şi de bază în sistemele energetice importante.

Experienţa de pînă acum arată că timpul de pornire al agregatelor puternice ar trebui să nu depăşească 30÷40 min. La o durată de funcţionare de 10 ore cu dublă pornire zilnică, consumul specific de combustibil creşte cu circa 2%.

Instalaţiile de turbine cu gaze pentru centralele de vîrf pot fi complet automatizate, şi deci ele sînt echivalente — din acest punct de vedere — cu centralele hidroelectrice. Simplitatea automaticii C.G.E. şi siguranţa ei de funcţionare permit reducerea la minimum a personalului de exploatare şi realizarea comenzii de la distanţă, dintr-un centru de dispecer.

Concluziile articolului sînt următoarele:

1. Fabricile constructoare de turbine dispun în prezent de experienţa necesară pentru a începe execuţia de mari unităţi pentru energetică.

2. În primul rînd, urmează să se realizeze instalaţii după schema simplă, fără regenerare, totuşi suficient de economice cu $\eta = 28 \div 30\%$.

3. Avantajele acestor instalaţii — gabarit şi consum de metal reduse, consum de apă de răcire mai mic ş.a. — pot rezolva problema fundamentală a energeticii, creşterea rapidă a puterii.

c.d.

Turbine cu gaze de mare putere. Şubenko-Şubin, L. A. ş.a. În: Teploenerghetika nr. 11, 1961, p. 5—11.

Se examinează metodele posibile de ridicare a puterii turbinelor cu gaze şi direcţiile de dezvoltare în viitor pentru energetică. Se apreciază nivelul economiei de combustibil al grupurilor mari actuale.

Concluziile articolului sînt:

1. Puterea limită a grupurilor de bază cu un flux, executate la valorile actuale ale temperaturii de intrare a gazelor (750÷800°C), poate să atingă 150÷200 MW (cu ciclu închis sau semiînchis).

2. Reducerea pierderilor pe traseele de aer şi gaze face posibilă o creştere însemnată a randamentului în raport cu valorile actuale.

3. Folosirea turbinelor cu gaze ca agregate de bază în viitorul apropiat nu este raţională; situaţia se va schimba în circa 8—10 ani, cînd temperatura de circa 1 200°C a gazelor la intrare va putea fi aplicată.

4. Randamentul instalaţiei de turbine abur-gaze depăşeşte cu 8—13% pe cel al instalaţiilor de turbine cu abur cu aceiaşi parametri ai aburului, şi deci ele ar trebui să fie considerate ca agregate de bază în viitor.

5. Turbina cu gaze, fără regenerare, este agregatul de vîrf cel mai raţional. Introducerea de apă sau abur în fluxul de gaze calde o face şi mai interesantă.

c.d.

Utilizarea maşinilor sincrone mici pentru a determina existenţa componentelor de secvenţă inversă, S. Rudzinski În: Electrical Journal, **167,** nr. 22, 1 dec. 1961, p. 1 350—1 353.

Pentru determinarea punctelor de avariere ale liniilor de transport sînt utilizate detectoare care se bazează pe principiul reflecţiei unor impulsuri de înaltă frecvenţă. De asemenea, încă din anul 1939, în sistemul energetic britanic sînt instalate ampermetre care măsoară curenţii homopolari.

La „Électricité de France", a fost pusă la punct o metodă de localizare a punctului de defect prin măsurarea componentelor homopolare ale curentului şi tensiunii la cele două capete ale liniei şi determinarea impedanţelor de secvenţă homopolară, care permite localizarea punctului de avarie. Metoda nu s-a dovedit suficient de precisă, din cauza influenţei mari a inductanţelor mutuale homopolare între circuite la liniile în dublu-circuit. O micşorare a acestor efecte se poate obţine recurgînd la măsura componentelor de secvenţă inversă. Pentru a înregistra aceste componente se poate recurge la: 1) maşini sincrone şi 2) filtre de secvenţă inversă.

Se arată, pe baza cercetării teoretice şi experimentale, posibilitatea utilizării unor motoare sincrone mici (de tipul selsynurilor) pentru a determina mărimea componentelor de secvenţă inversă. Se ţine seamă de faptul că în prezenţa unui cîmp statoric de succesiune inversă în rotor, se induc curenţi cu o frecvenţă dublă faţă de frecvenţa reţelei. Aceşti curenţi pot fi măsuraţi şi reprezintă o mărime cantitativă a proporţiei de curenţi de secvenţă inversă din reţea. Se indică încercările efectuate pentru a determina regimurile statice şi tranzitorii de înregistrare.

a.r.

Regulatoare de inducţie pentru reglajul tensiunii. Schwarz K. K. În: Electrical Review, **169,** nr. 4, 28 iulie 1961, p. 123—128.

Regulatorul de inducţie este, în fond, o maşină electrică de curent alternativ, care are rotorul blocat, adică lucrînd cu un anumit decalaj unghiular, între puncte fixe ale statorului şi rotorului, pentru o anumită valoare a tensiunii reglate. Tipul de construcţie al regulatorului reprezintă o combinare a tehnologiei de construcţie a transformatorului şi cea a maşinii de curent alternativ. Un regulator de inducţie are două miezuri magnetice concentrice, bobinate, separate printr-un întrefier şi formînd statorul şi rotorul regulatorului. Prin deplasarea spaţială a rotorului faţă de stator, se obţine un decalaj cu un unghi α între tensiunea primară şi cea secundară (respectiv rotorică şi statorică). Amplitudinea tensiunii rămîne constantă dacă se reglează căderea de tensiune internă în regulator. Cea mai simplă schemă a unui regulator de inducţie este aşa-numita schemă „ridicătoare-coboritoare" („-buck-boost") de tensiune. Rotorul regulatorului este alimentat în derivaţie de la linia principală de alimentare a consumatorului. Statorul regulatorului, cuplat magnetic cu rotorul, este legat în serie cu consumatorul. Un regulator de inducţie este un dispozitiv care modifică curenţii şi tensiunile în acelaşi raport; el nu introduce nici un factor de putere adiţional, dacă se neglijează pierderile proprii. Pentru utilizarea într-un domeniu mai larg, regulatorul se combină cu un transformator. Se indică schemele obişnuite folosite pentru astfel de combinaţii.

Dacă se doreşte ca tensiunea reglată să fie în fază cu tensiunea aplicată, se utilizează un regulator de inducţie dublu.

a.r.

Lucrările de reparaţie pe liniile electrice de transport fără scoaterea tensiunii. Astahov, N. P. şi Usaciov, K. V. În: Elektriceskie Stanţii, **32,** nr. 11, noiemb. 1961, p. 65—68.

Lucrările de reparaţie fără scoaterea tensiunii conduc la reducerea duratei întreruperilor, precum şi la mărirea siguranţei de alimentare a consumatorilor. Sînt posibile două sisteme: a) conductor-izolaţie-om-pămînt sau b) conductor-om-izolaţie-pămînt. Primul sistem se referă la lucrul cu ajutorul unei stăngi izolante şi este aplicabil la un număr restrîns de operaţii, dat fiind greutăţile de manipulare. Al doilea sistem permite efectuarea unor lucrări de exactitate mai mare, cum ar fi strîngerea clamelor, consolidarea conductoarelor etc. În articol, după ce se trec în revistă aceste două posibilităţi, se reprezintă schemele echivalente corespunzătoare în care apar capacităţile liniei, izolaţiei, rezistenţa omului etc. Cu ajutorul acestor scheme echivalente s-a calculat curentul care trece prin om, funcţie de valoarea tensiunii liniei; calculul a fost verificat pe o linie experimentală şi pe o linie reală în exploatare.

Pe baza schemei echivalente se poate judeca şi determina valoarea impulsului care apare la legarea platformei pe care stă omul cu conductorul liniei. Durata curentului este de ordinul microsecundelor, dar atinge valori de pînă la ordinul amperilor.

Şocul de curent respectiv (care este de natură capacitivă) poate fi eliminat dacă omul este îmbrăcat într-un costum de protecţie metalic.

Pe baza calculelor şi a experienţei de exploatare, s-a stabilit că se poate lucra cu suficientă siguranţă pe liniile de 110 kV fără a scoate tensiunea; la liniile cu tensiune nominală superioară este necesar însă costumul de protecţie.

Totodată, trebuie să se analizeze influenţa fiziologică a cîmpului electric asupra omului.

p.b.

Din partea comitetului național romîn al CIGRÉ

Conferința Internațională a marilor rețele electrice (CIGRÉ) își va ține cea de-a 19-a sesiune la Paris, între 16 și 26 mai 1962.

În timpul sesiunii, la care se vor prezenta 130 rapoarte vor fi discutate problemele mari de care se ocupă CIGRÉ pe scară internațională, adică cele privind producția, transformarea și repartiția energiei electrice la tensiune înaltă.

În programul sesiunii din 1962 figurează următoarele probleme :

Secția 1

Producția, transformarea și întreruperea curentului.

Grupa 11. Alternatoare (construcția și exploatarea, mersul în paralel și reglajul se vor discuta în secția 3).

Grupa 12. Transformatoare (afară de transformatoarele de măsură).

Grupa 13. Întreruptoare de înaltă tensiune.

Grupa 14. Uleiuri izolante și izolanți.

Grupa 15. Posturi și stații de transformare.

Grupa 17. Condensatoare.

Grupele 14, 15 și *17* n-au fost discutate în 1960.

Se vor prezenta progresele realizate în aceste domenii, precum și cele care au făcut obiectul studiilor din Comitetele nr. 1 (Uleiuri) și nr. 18 (Condensatoare).

Secția 2

Construcția, izolarea și întreținerea liniilor aeriene și subterane.

Grupa 21. Cabluri de înaltă tensiune și coroziuni.

Secția 3

Exploatarea și interconectarea rețelelor.

Grupa 32. Concepția și funcționarea rețelelor. Stabilitate.

Grupa 34. Telecomunicații.

Grupa 35. Perturbații.

Problemele grupelor *34* și *35* n-au fost discutate în 1960, deci vor fi prezentate problemele aprofundate în ultimii 4 ani în Comitetele de Studii nr. 14 (Telecomunicații) și 11 (Perturbații).

Secția 4

Grupa 41. Coordonarea izolațiilor.

Grupa 42. Tensiuni mai mari de 220 kV.

Grupa 41 n-a fost discutată din 1958. Se așteaptă să fie prezentate concepții noi în problemele de coordonare a izolațiilor.

Țara noastră prezintă la Sesiune două rapoarte proprii și un raport mixt, împreună cu R.S.C. și anume :

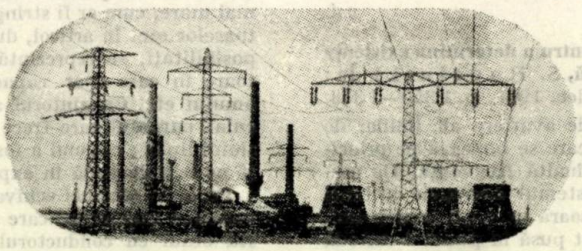
La grupa 11. — Încercări experimentale pentru măsurarea forțelor axiale de scurtcircuit asupra transformatoarelor de forță (C. Apetrei și C. Bilă de la Institutul de Energetică al Academiei R.P.R.).

La grupa 32. — Optimizarea condițiunilor de încercare pentru determinarea parametrilor unei rețele electrice (P. Dimo, L. Groza și G. Moraite de la Institutul de Studii și Proiectări Energetice).

La grupa 42. — Interconexiunea în 400 kV între rețelele română și cehoslovacă (E. Constantinescu, P. Militaru și L. Groza de la Institutul de Studii și Proiectări Energetice pentru partea română și F. Grof și I. Novak din Direcția Construcțiilor de Centrale Electrice — Praga, pentru partea R.S.C.).

În cursul sesiunii vor ține ședințe de asemenea majoritatea Comitetelor de Studii.

În cursul sesiunii precedente, ținută în 1960, au fost prezenți 1908 ingineri din 50 de țări. Fără îndoială că sesiunea din anul acesta va prezenta același interes ca și sesiunile precedente.



СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.438.001

Dinculescu C. и *Pimsner V.*: **Энергетические аспекты развития газовых турбин.**

В статье анализируются общие вопросы развития газовых турбин для энергетической промышленности и в особенности газовых турбин для централей большой мощности.

Energetica, *10* (1962) № 4, стр. 133—138

ДК 621.311.16.00..57

Dimo P.: **Изображения „узлового анализа" всеобщее и единственное средство рассуждения в изучении электроэнегетических систем.**

В продолжение предыдущих исследований автор показывает, что предложенный „узловой анализ" может быть применен для всех категорий вопросов, специфичных электроэнергетическим системам, представляя таким образом новый, единственный и обобщенный путь, который кажется в особенности применим к комплексным системам и современным возможностям вспомогательных средств для расчета, и который представляет возможным упрощенное и схематичное рассуждение в самых сложных вопросах, сопровождаемый элементарным типовым изображением.

Energetica, *10* (1962) № 4, стр. 139—147

ДК 621.3.016.31

Leonida D. и *Ionescu Vl.*: **Соображения по вопросам оптималбного распределения нагрузки в энергетических системах.**

В статье анализируются различные способы экономического распределения нагрузок, исходя из общего метода расчета и выявляя упрощающие гипотезы, используемые в этих методах для облегчения техники расчета.

Energetica, *10* (1962) № 4, стр. 148—159

ДК 628.971

В ПОМОЩЬ МОЛОДОМУ ИНЖЕНЕРУ

Schapira W.: **Новые технико-экономические аспекты в проектировании и эксплуатации установок уличного освещения.**

В статье перечисляются современные световые источники, используемые во внешнем освещении и сравнительно анализируются наиболее ходовые типы, рассматривая их эксплуатационные особенности. В заключение первой части статьи приводятся критерии выбора светового источника, сопровождаемые технико-экономическими соображениями.

Energetica, *10* (1962) № 4, стр. 160—175

РЕЦЕНЗИИ 176—177

ДОКУМЕНТАЦИЯ 177—179

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.438.001

Dinculescu C. und *Pimsner V.*: **Energetische Aspekte der Entwicklung der Gasturbinen.**

Im Aufsatz werden die Fragen der Entwicklung der Generatoren der Gasturbinen für die energetische Industrie analysiert, wobei besonders Gewicht auf die Gasturbinen für die grossen Kraftwerke gelegt wird.

Energetica, *10* (1962) H. 4, S. 133—138

DK 621.311.16.001.57

Dimo P.: **Darstellung „der Knotenpunktanalyse" als einheitliches und allgemeines Beweisführungsmittel im Studium der elektroenergetischen Systeme.**

Als Fortsetzung der vorangegangenen Studien, weist der Verfasser darauf hin, dass die vorgeschlagene Knotenpunktanalyse für alle Fragenkategorien der elektroenergetischen Systeme verallgemeinert werden kann. Somit wurde ein neuer einheitlicher und allgemeiner Weg erschlossen, der sich besonders für die komplexen Systeme und die gegenwärtigen Möglichkeiten der Hilfsberechnungen zu eignen scheint, und der eine vereinfachte und schematische Beweisführung der komplexesten Probleme gestattet, begleitet von der elementaren Typdarstellung.

Energetica, *10* (1962) H. 4, S. 139—147

DK 621.3.016.31

Leonida D. und *Ionescu Vl.*: **Betrachtungen über die Fragen der optimalen Leistungsverteilung der energetischen Systeme**

Von einem allgemeinen Berechnungsverfahren ausgehend, werden im Aufsatz verschiedene Verfahren der wirtschaftlichen Leistungsverfahren analysiert und die vereinfachenden Hypothesen unterstrichen, die in diesem Verfahren zur Erleichterung der Berechnungstechnik angewandt wurden.

Energetica, *10* (1962) H. 4, S. 148—159

DK 628.971

FÜR DEN JUNGINGENIEUR

Schapira W.: **Neue technisch-wirtschaftliche Aspekte in der Projektierung und Betriebsauslastung der Strassenbeleuchtungsanlagen.**

Im Aufsatz werden die modernen Leuchtquellen für die Strassenbeleuchtung dargelegt und vergleichsweise die gebräuchlichsten Arten analysiert, wobei gleichzeitig ein Überblick über ihre Betriebseigenheiten gegeben wird. Im Abschluss des ersten Teils des Aufsatzes werden die Kriterien für die Auswahl der Leuchtquelle ergänzt von technisch-wirtschaftlichen Betrachtungen angeführt.

Energetica, *10* (1962) H. 4, S. 160—175

BUCHBESPRECHUNGEN 176—177

DOKUMENTATION 177—179

SOMMAIRE

CD 621.438.001

Dinculescu C. et *Pimsner V.* : **Aspects énergetiques du développment des turbines à gaz.**

Dans cet article on analyse les problèmes du développement des turbines à gaz pour l'industrie énergétique. On insiste particulièrement sur les turbines à gaz pour les centrales de grande puissance.

Energetica, *10* (1962) no. 4, p. 133—138

CD 621.311.16.001.57

Dimo P. : **Les images de ,,l'analyse nodale'', moyen unitaire et général de raisonnement dans l'étude des systèmes électro-énergétiques.**

Dans cet article, qui continue la série des études précédentes, l'auteur démontre que l',,analyse nodale'' proposée peut s'appliquer d'une manière généralisée à toutes les catégories de problèmes spécifiques relevant des systèmes électro énergétiques, et qu'elle constitue ainsi une nouvelle voie, unitaire et de portée générale, qui semble surtout s'adapter aux systèmes complexes et aux possibilités actuelles des auxiliaires de calcul et qui rend possible l'application dans les problèmes les plus inextricables du raisonnement simplifié et schèmatique, accompagné d'une image élémentaire typique.

Energetica, *10* (1962) no. 4, p. 139—147

CD 621.3.016.31

Leonida D. et *Ionescu Vl.* : **Considérations sur les problèmes de la répartition optimum de la charge dans les systèmes énergetiques.**

Dans cet article on analyse divers procédés de répartition économique des charges, à partir d'une méthode générale de calcul et en mettant en relief les hypothèses simplificatrices employées dans ces procédés pour faciliter la technique de calcul.

Energetica, *10* (1962) no. 4, p. 148—159

A L'AIDE DES JEUNES INGENIEURS

CD 628.971

Schapira W. : Aspects **techniques-économiques nouveaux concernant le projet et l'exploitation des installations d'éclairage extérieur.**

On décrit dans cet article les sources modernes d'éclairage employées à l'éclairgae extérieur et on analyse comparativement les types les plus usités, tout en passant en revue leurs particularités à l'exploitation. En conclusion de la première partie de l'article, on donne des critériums pour le choix de la source d'éclairage, accompagnés de considerations techniques-économiques.

Energetica, *10* (1962) no. 4, p. 160—175

COMPTES-RENDUS 176—177

DOCUMENTATION 177—179

CONTENTS

DC 621.438.001

Dinculescu C. and *Pimsner V.* : **Some energetic aspects concerning the development of gas turbines.**

This paper analyses the problems relating to the general development of gas turbines for the power industry with special reference to gas turbines designed for high power stations.

Energetica, *10* (1962) no. 4, p. 133—138

DC 621.311.16.001.57

Dimo P. : **The images of the ,,nodal analysis'' as a unitary and general reasoning means in studying the electropower systems.**

Continuing the preceding studies, the author points out that the ,,nodal analysis'' suggested can be applied to all kinds of problems peculiar to the electropower systems. A new unitary and general means is thus obtained which seems particularly adaptable to the complex systems and the present possibilities of the calculus auxiliaries enabling a simplified and schematic reasoning in the most complex problems accompanied by a standard elementary image.

Energetica ,*10*(1962) no. 4, p. 139—147

DC 621.3.016.31

Leonida D. and *Ionescu Vl.* : **Some considerations concerning the optimum distribution of load in the power systems.**

This paper analyses the different techniques relating to the economical distribution of loads, starting, from a general calculation method and emphasizing the simplifying hypotheses used to facilitate the performance of calculus.

Energetica, *10* (1962) no. 4, p. 148—159

AIDING THE YOUNG ENGINEERS

DC 628.971

Schapira W. : **Some new technical and economic aspects concerning the design and exploitation of the external lighting equipment.**

This study presents the modern light sources used for the external lighting analysing comparatively the different types used more extensively and reviewing their exploitation characteristics. In the conclusion of the first part of the paper, some criteria are given for the choice of the light source including some technical and economic considerations.

Energetica, *10* (1962) no. 4, p. 160—175

REVIEWS 176—177

DOCUMENTATION 177—179

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

(Urmare de pe coperta a II-a)

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficient, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitent a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text, indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se vor face cu grijă, evitîndu-se excese. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. **Forma exterioară a lucrării**

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor.* Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, gotice etc. Numerotarea formulelor se va face în dreapta în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Eplicația figurilor se face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea.* Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A_4 și cu plicul conținînd materialul grafic ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se von indica : titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

INSTALAȚII COMPLETE DE ÎNTREPRINDERI INDUSTRIALE

Furnizăm instalații de termo și hidrocentrale, utilaje pentru laminoare, ateliere de preparare a cărbunelui și mineralelor, întreprinderi pentru industria alimentară și de construcții și mașini pentru prelucrarea lemnului. Întreprinderea noastră deține reprezentanța celor mai importante uzine de construcții mecanice din Republica Socialistă Cehoslovacă. În ultimii ani am instalat numeroase uzine complete în toate colțurile lumii.

Vizitați standul nostru din cadrul expoziției de la București, deschisă între 3 și 27 mai 1962 la pavilionul din Șoseaua Kiseleff nr. 24.

TECHNOEXPORT

ÎNTREPRINDERE DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU EXPORT DE INSTALAȚII INDUSTRIALE COMPLETE

PRAGA — REPUBLICA SOCIALISTĂ CEHOSLOVACĂ

I. P. 2. a. 692

LEI 5

E 2039

R

ENERGETICA

5

Energetica — Vol. 10 — mai

nr. 5, 1962 — p. 181-216 — București

1962

Cumpărați cu încredere radioreceptorul

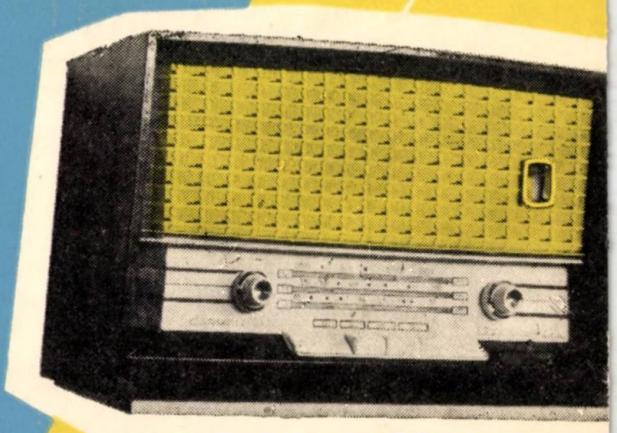
CARMEN

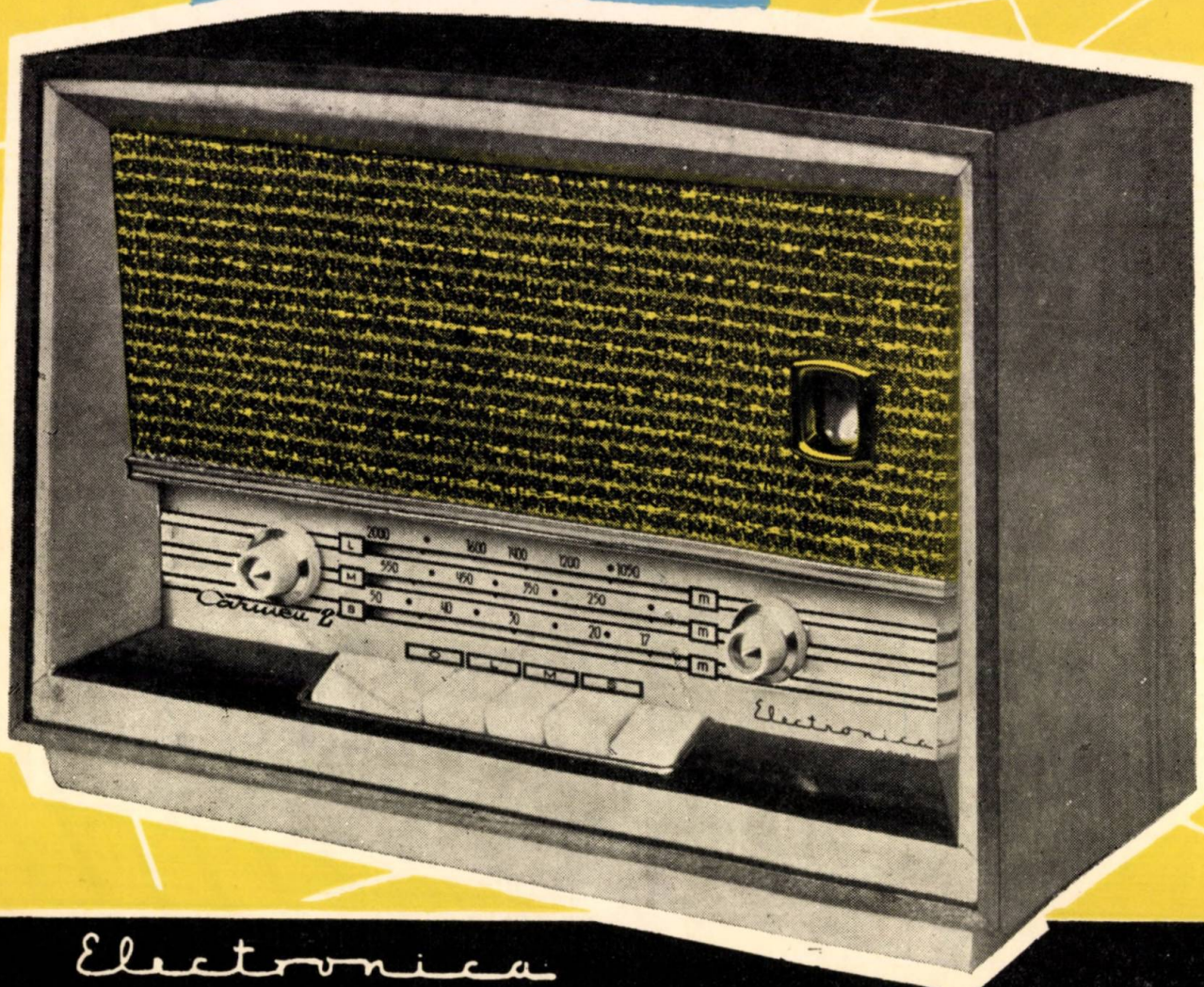
produs al uzinelor „Electronica"

Construit în două variante diferite ca mod de prezentare, pentru a vă da posibilitatea alegerii casetei după preferință.

- **3 + 2 tuburi electronice**
- **indicator optic de acord**
- **difuzor eliptic de 1 VA**

Performanțe excepționale pe toate lungimile de undă, sunet clar, dimensiuni reduse, (350 × 240 × 175 mm), preț convenabil.





Electronica

ÎNTREPRINDERE INDUSTRIALĂ DE STAT PENTRU PIESE ȘI APARATE DE RADIO, TELEVIZOARE ȘI ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ● *București, str. Baicului nr. 82, Raionul 1 Mai ● Telefoane: 12.19.40; 12.19.46 — 12.19.48*

E 2039

MŰSZAKI KÖNYVTÁR

ENERGETICA

ANUL 10 Nr. 5 MAI 1962

CUPRINS

CZ 621.315.051.2.027.8.001.

P. Militaru, C. Petrescu şi *Cr. Marinescu*: **Proiectarea liniei electrice de 220 kV Bicaz-Stîngeorgiu-Luduş.**

Necesităţile funcţionale ale sistemului energetic naţional din R.P.R. au impus introducerea tensiunii de 220 kV. În articol se prezintă caracteristicile tehnice ale primei linii de 220 kV construită în anul 1961, linie care leagă centralele electrice V. I. Lenin-Bicaz, Steaua roşie-Stîngeorgiu şi Luduş. Proiectarea acestei linii a necesitat rezolvarea unor probleme tehnice dezvoltate în legătură cu traseul, care străbate două lanţuri de munţi.

Energetica, 10(1962) no. 5, p. 181–189

CZ 621.315.051.2,027.8.002.2

D. Ceaptru, M. Ionescu şi *N. Pestrea*: **Construcţia liniei electrice de transport de 220 kV Bicaz-Stîngeorgiu-Luduş.**

Sînt descrise principalele elemente constructive ale liniei, procedeele de industrializare folosite, metodele tehnologice de montaj, schemele de mecanizare aplicate, precum şi indicii tehnici obţinuţi. Sînt scoase în evidenţă condiţiile cu totul speciale de traseu în care a trebuit să fie executată lucrarea.

Energetica, 10(1962) no. 5, p. 189–197

CZ 621.2.09(47)

M. Cogălniceanu: **Dezvoltarea hidroenergeticei în U.R.S.S. I. Prezentare de ansamblu.**

Se tratează în articol dezvoltarea utilizării resurselor hidroenergetice ale U.R.S.S. pînă în prezent, precum şi dezvoltarea lor în viitor — în lumina directivelor Congresului al XXII-lea al P.C.U.S.

Energetica, 10 (1962) no. 5, p. 197–205

CZ 621.313.322.81.004

C. Mihăileanu şi *I. Cserveny*: **Determinarea momentului GD^2 la grupuri turbogeneratoare prin metoda separării pierderilor la mers în gol.**

Se deduce relaţia pentru momentul GD^2 la grupuri turbogeneratoare şi se dă o metodologie de determinare a acesteia prin metoda ridicării curbei de autofrînare şi a separării pierderilor la mers în gol.

Se prezintă rezultatele experimentale prin experimentarea metodei la un grup turbogenerator dintr-o centrală termoelectrică.

Energetica 10(1962) no. 5, p. 205–209

DIN EXPLOATARE

CZ 621.181.002.2

C. Fulga şi *M. Miloia*: **Adaptarea cazanelor mici de abur din CTE Timişoara, pentru producerea de apă fierbinte.**

În articol se prezintă modul de alimentare cu căldură a consumatorilor racordaţi la reţeaua de termoficare, folosindu-se ca sursă de căldură cazanele de aburi transformate pentru producerea de apă fierbinte.

De asemenea, se dau date privitoare la conducerea regimurilor termice, metodologia de calcul pentru determinarea randamentului total al instalaţiei de termoficare, precum şi rezultatele obţinute în exploatare.

Energetica, 10 (1962) no. 5, p. 209–213

RECENZII 213–214

DODUMENTARE 214–216

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU,** redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA,** prof. ing. **M. BERCOVICI,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **A. COGĂLNICEANU,** conf. ing. **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU.** conf. ing. **N. MOLDOVEANU,** prof. ing. **C. PENESCU,** ing. **T. POPA,** ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista **„ENERGETICA"**, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Minelor și Energiei Electrice. Redacția și administrația : București, Str. Ion Ghica nr. 3, Raionul Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament : Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R., Filiala „30 Decembrie" — București — Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri : lei 30 anual — Prețul unui exemplar : lei 5 — Tiparul : Întreprinderea Poligrafică nr. 2, București, c. 1351

ENERGETICA

ANUL 10
1962
Nr. 5
MAI

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE

Proiectarea liniei de 220 kV Bicaz-Sîngeorgiu-Luduș

PAUL MILITARU, CONSTANTIN PETRESCU și CRISTIAN MARINESCU * — București

1. Introducere

Una dintre cele mai însemnate realizări în domeniul electrificării țării a fost crearea sistemului energetic național, la care în prezent sînt racordate toate orașele reședință din regiune, cea mai mare parte din orașele reședință de raion și aproape toate centrele industriale din țară. De asemenea din puterea instalată în centralele electrice producătoare de energie electrică peste 85% funcționează interconectat în cadrul sistemului energetic național.

Pînă în anul 1960 rețelele de transport ale sistemului național aveau tensiunea cea mai mare de 110 kV. Aceste rețele sînt dezvoltate mai ales în regiunile centralelor electrice mai importante din sistem. Dezvoltarea rapidă a producției și consumului de energie electrică a impus crearea unor legături puternice în sistemul național la tensiuni superioare celei de 110 kV, pentru a se putea transporta dintr-o regiune într-alta puteri relativ mari, atît în regim normal, cît și în regim de avarie, mărindu-se astfel siguranța de funcționare a rețelelor de 110 kV.

În cea mai mare parte din țările europene se folosesc ca tensiuni mai mari de 110 kV, tensiunile de 150, 220, 400 (380) kV. În Anglia, S.U.A. și alte cîteva țări sînt utilizate, în afară de tensiunile de mai sus, 132, 275 și 330 kV. În URSS scara tensiunilor standardizate mai mari decît 110 kV este 220, 400 și 500 kV, cu tendința ca instalațiile de 400 kV să fie trecute la 500 kV. Tensiunea de 154 kV este întîlnită la un număr redus de instalații vechi.

Pentru țara noastră s-a eliminat tensiunea de 154 kV, ca tensiune superioară celei de 110 kV, deoarece este relativ apropiată de tensiunea de 110 kV și sporul de capacitate de transport obținut nu ar fi prea mare. Tensiunea de 154 kV nu este utilizată în țările socialiste, deci introducerea ei ar fi creat dificultăți de procurare a aparatelor pentru stații. De asemenea tensiunea de 154 kV oferă posibilități de dezvoltare a transportului de energie mult mai mici decît tensiunea de 220 kV.

Din studiile efectuate a rezultat deci oportunitatea introducerii tensiunii de 220 kV, ca treaptă imediat superioară tensiunii existente de 110 kV. Tensiunea de 220 kV este cea mai corespunzătoare condițiilor de transport de energie electrică din țara noastră, situîndu-se de asemenea între tensiunea de 110 kV existentă și tensiunea de 400 kV adoptată pentru linia de interconexiune cu R.S. Cehoslovacă. Raportul dintre tensiunile succesive în scara astfel stabilită 110, 220, 400 kV este apropiat de valoarea 1,5÷2,0, considerată în majoritatea țărilor ca cea mai rațională.

Studiile aprofundate asupra dezvoltării energetice a țării noastre au permis să se tragă concluzia că prima linie de 220 kV trebuie să lege centrala hidroelectrică V.I. Lenin-Bicaz cu centrala termoelectrică Steaua Roșie-Sîngeorgiu, deoarece pînă în 1965 sistemul energetic Moldova va avea excedent de putere, care va trebui transportat înspre sistemul Ardealul Central. Se știe că centrala termoelectrică Sîngeorgiu nu este numai un centru puternic de producere de energie, ci și un nod important de conexiuni în rețeaua de 110 kV. Centralele Sîngeorgiu și Luduș aflîndu-se la distanță de numai 50 km, s-a prevăzut prelungirea liniei de 220 kV Bicaz-Sîngeorgiu pînă la centrala Luduș, pentru ca această centrală prin care se realizează interconexiunea cu sistemul energetic cehoslovac să aibă legături puternice în cadrul sistemului energetic al țării noastre.

Linia de 220 kV Bicaz-Sîngeorgiu-Luduș, prima linie de această tensiune din R.P. Romînă, a fost proiectată în anul 1960 de către Institutul de Studii și Proiectări Energetice (I.S.P.E.) și construită în cursul anului 1961 de către întreprinderi din cadrul Trustului de Construcții și Montaje Energetice (TCME). Linia a fost pusă în funcțiune la sfîrșitul anului 1961 la tensiunea de 110 kV și va începe să funcționeze la tensiunea ei nominală de 220 kV la sfîrșitul anului 1962, în care scop sînt în construcție stațiile de 220 kV Bicaz și Sîngeorgiu.

* P. Militaru este inginer șef, C. Petrescu este șef de atelier, Cr. Marinescu este inginer proiectant — șef la I.S.P.E.

În aceste staţii urmează să se instaleze autotransformatoare trifazate cu trei înfăşurări de 110/220 kV, avînd fiecare o putere de 200 MVA, pentru realizarea legăturilor dintre linia de 220 kV şi barele de 110 kV ale centralelor Bicaz şi Sîngeorgiu (fig.1).

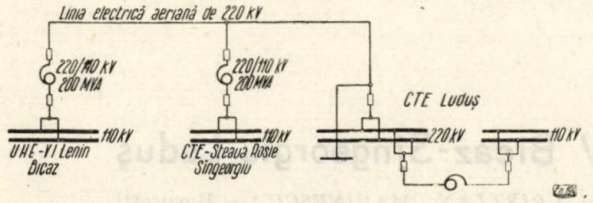


Fig. 1. Schema electrică a liniei de 220 kV Bicaz-Sîngeorgiu-Luduş.

2. Traseul liniei, condiţii meteorologice

Traseul liniei de 220 kV Bicaz-Sîngeorgiu-Luduş, în lungime totală de 187,5 km se poate împărţi în 4 zone geografice (fig 2. şi fig. 3).

Zona I. Pornind de la UHE V.I. Lenin Bicaz, pe o lungime de cca. 50 km, traseul liniei traversează lanţul Carpaţilor Orientali. În această porţiune, terenul foarte accidentat cu variaţii de altitudini cuprinse între 350 m şi 1 350 m a prezentat dificultăţi importante pentru alegerea unui traseu de linie corespunzător din punct de vedere al condiţiilor de montaj şi exploatare. Variaţiile bruşte de altitudine şi porţiunile de zone instabile au impus studierea amănunţită a fiecărui amplasament de stîlp. S-a dat o atenţie deosebită alegerii punctului de traversare a muntelui Hăsmaşul Mare, cu cote variind între 1000—1350 m, pentru a se evita construirea liniei într-o zonă cu vînturi şi depuneri de polei intense.

Zona II. În continuare, traseul traversează pe o lungime de cca. 20 km depresiunea Gheorghieni, o terasă cu altitudine de 750 m formată din argile nisipoase, nisip şi pietriş, nivelul apei subterane fiind la 2—5 m.

Zona III. Părăsind depresiunea Gheorghieni, traseul liniei intră iarăşi într-o regiune accidentată fiind obligat să traverseze pe o lungime de cca. 35 km lanţul eruptiv Harghita al munţilor Gurghiului. Pe toată această zonă s-au întîlnit aceleaşi dificultăţi ca şi în zona I.

Zona IV. După ce părăseşte lanţul munţilor Gurghiului, traseul liniei intră în depresiunea Transilvaniei, păstrîndu-se pe terasele şi dealurile din această depresiune pe o lungime de cca. 82,5 km. În acestă zonă, problemele de teren au fost mai puţin dificile preocuparea proiectării fiind îndreptată numai spre alegerea unui traseu mai scurt şi evitarea unor porţiuni instabile de teren.

Varianta de traseu adoptată şi descrisă pe scurt mai sus este rezultatul studierii amănunţite a unei zone geografice mai mari, în care s-au analizat comparativ tehnico-economic mai multe variante de traseu.

Simultan cu definitivarea traseului liniei s-a întocmit şi o documentaţie amănunţită asupra condiţiilor meteorologice reale din zonele pe care le străbate linia, condiţii care constituie un factor hotărîtor pentru proiectarea economică şi sigură a acesteia. Elementele care au stat la baza definitivării condiţiilor meteorologice adoptate în proiect au fost: prescripţiile pentru construcţia liniilor electrice aeriene cu tensiuni peste 1000 V; înregistrările Institutului Meteorologic Central; date cu privire la exploatarea liniilor de energie electrică şi telefonie din regiune; date furnizate de organele de exploatare forestieră, de sfaturile populare şi de localnici.

Se menţionează că atît pentru vitezele de vînt, cît şi pentru variaţiile de temperatură au existat înregistrări făcute în regiune, mai mult sau mai puţin sistematizate. Asupra depunerilor de polei însă, nu au existat înregistrări ştiinţific făcute, ci numai observaţii şi statistici incomplete.

Sistematizarea şi analizarea tuturor acestor date a condus pentru porţiuni importante de traseu la adoptarea de condiţii meteorologice de calcul conform prevederilor prescripţiilor. Pentru regiunile cu altitudini mai mari de 800 m, condiţiile meteorologice adoptate se bazează însă pe prelucrarea datelor culese direct de pe teren. Ca rezultat al studierii tuturor acestor informaţii, traseul liniei de 220 kV Bicaz-Sîngeorgiu-Luduş a fost împărţit din punct de vedere al condiţiilor meteorologice în trei regiuni; regiunea cu condiţii grele (mai grele decît cele prevăzute în prescripţii), în

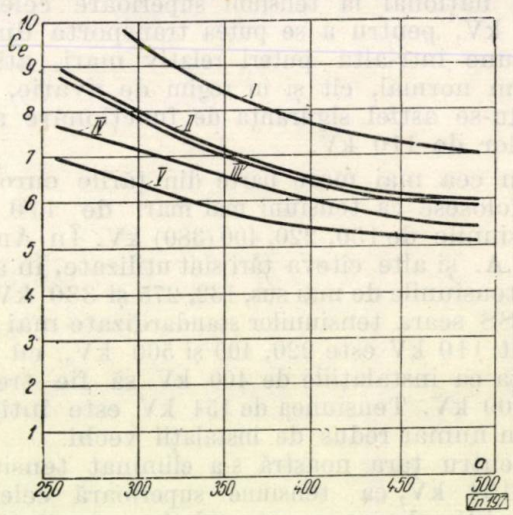


Fig. 2. Variaţia coeficientului de siguranţă în exploatare în funcţie de deschidere pentru diferiţi conductori:
I — conductori 400/93 mm² Ol—Al; *II* — conductori 300/69 mm² Ol—Al; *III* — conductori 400/72 mm² Ol—Al *IV* — conductori 240/56 mm² Ol—Al; *V* — conductori 185/43 mm² Ol—Al.

lungime totală de 26,4 km, regiunea I meteorologică (conform prescripţiilor), în lungime totală de 78,4 km, şi regiunea II meteorologică (conform prescripţiilor), în lungime totală de 82,7 km (fig. 3 şi tabela 1).

Tabela 1

Suprasarcini exterioare	Unitatea de măsură	Valorile suprasarcinilor		
		Regiunea cu condiții grele 26,4 km	Regiunea I 78,4 km	Regiunea II 82,7 km
Grosimea stratului de polei pe conductor	cm	3,4	1,7	1,3
Greutatea poleiului pe conductor	kg/m	6	2,15	1,5
Viteza vîntului				
— cond. sînt acoperiți cu polei	m/s	20	15	10
— cond. nu sînt acoperiți cu polei	m/s	35	30	25
Temperatura minimă	°C	−30	−30	−30
Temperatura maximă	°C	+40	+40	+40

Pentru orientare, în privința depunerilor de polei s-au analizat realizările de linii în regiuni muntoase din alte țări. Se remarcă că pentru linii în regiuni cu altitudini peste 1000 m s-au luat în considerare în calcule depuneri cuprinse între 3,5 kg/m și 12 kg/m.

Pentru linia de 220 kV Bicaz-Sîngeorgiu-Luduș, în regiunea meteorologică cu condiții grele, la altitudini peste 1000, suprasarcina luată în calcul de 6 kg/m — la coeficient de siguranță 2 corespunde unei suprasarcini de cca. 12 kg/m la limita elastică în stîlpi și conductori (0,7 din rezistența de rupere).

În mod special la traversarea celor două culmi de munți, pe o lungime totală de cca. 2,9 km, unde linia este expusă vînturilor de culme și unde sînt condiții favorabile pentru formarea poleiului, prin micșorarea deschiderii între stîlpi, s-a ajuns ca, la coeficientul de siguranță 2, linia să corespundă următoarelor condiții :

— grosimea stratului de polei pe conductor 5,3 cm ;
— greutatea poleiului pe conductor 12 kg/m ;
viteza vîntului :
— pe conductorii acoperiți cu polei 20 m/s ;
— pe conductorii acoperiți cu polei 40 m/s.

3. Stabilirea caracteristicilor principale ale liniei

Pentru stabilirea elementelor principale constructive ale liniei de 220 kV, și anume : secțiunea și construcția conductorilor activi, tipul stîlpului, deschiderea economică, au fost efectuate studii tehnico-economice aprofundate.

Analizarea acestor elemente a avut la bază o cercetare amănunțită a caracteristicilor tehnice ale liniilor de 220 kV executate în alte țări. Din examinarea caracteristicilor tehnice a cca. 100 de linii de 220 kV și a indicilor economici au rezultat o serie de principii de bază care au fost însă luate în considerare în lumina condițiilor economice specifice țării noastre și condițiilor de teren din regiunea unde urma să se execute această linie.

Pentru determinarea caracteristicilor conductorilor activi s-au luat în considerare două soluții principale, și anume : linie cu conductori unici pe fază și linie cu conductori fasciculari (doi pe fază). Pentru soluția cu conductori fasciculari s-au studiat variantele I și II, folosind secțiunile :

Varianta I — 2 × 185/43 mm² Ol—Al,
Varianta II — 2 × 240/56 mm² Ol—Al,

iar pentru soluția cu conductori unici pe fază variantele :

Varianta III — 1 × 300/69 mm² Ol—Al,
Varianta IV — 1 × 400/72 mm² Ol—Al,

Aceste secțiuni de conductori au fost alese astfel ca tensiunea de apariție a fenomenului Corona să fie mai mare decît tensiunea de funcționare a liniei, iar coeficientul de siguranță mecanic să fie corespunzător importanței liniei.

Din punct de vedere al pierderilor de putere și de tensiune, pentru puterea maximă de

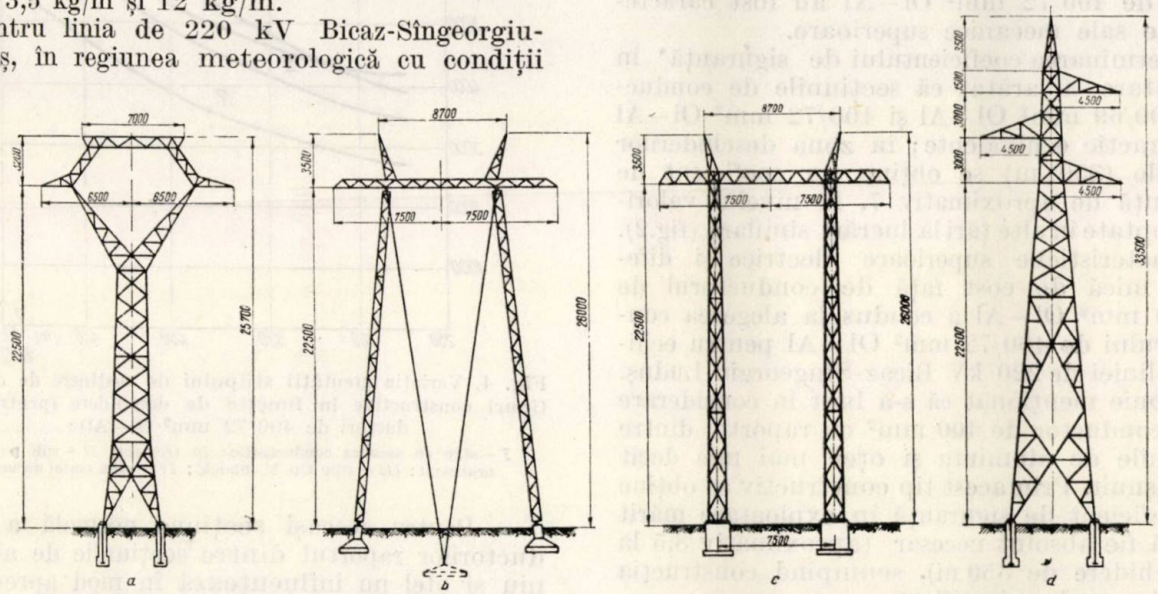


Fig. 3. Tipurile de stîlpi de susținere luate în considerare în cadrul proiectului (conductori 3 × 400/72 mm² Ol—Al și deschidere 350 m) :

a — stîlp tip Y (pisică) ; *b* — stîlp portal ancorat ; *c* — stîlp portal neancorat ; *d* — stîlp cu așezarea conductorilor în triunghi.

150 MW ce se va transporta pe această linie pînă în 1965, secțiunea de 400/72 mm² Ol—Al este secțiunea optimă (pierderea de putere de cca. 4% și pierderi de tensiuni de cca. 10%).

Puterea naturală corespunzătoare celor 4 variante nu diferă esențial:

I. 2 × 185/43 mm² Ol—Al $P_n = 157$ MW
II. 2 × 240/56 mm² Ol—Al $P_n = 159$ MW
III. 1 × 300/69 mm² Ol—Al $P_n = 118{,}5$ MW
IV. 1 × 400/72 mm² Ol—Al $P_n = 120$ MW.

Creșterea relativ mică a puterii naturale la soluția cu doi conductori pe fază față de soluția cu conductori unici pe fază nu justifică sporul relativ mare de cheltuieli de investiție.

Din punct de vedere al efectului Corona, toate secțiunile alese au o tensiune critică satisfăcătoare:

I. 2 × 185/43 mm² Ol—Al $U_{or} = 271$ kV
II. 2 × 240/56 mm² Ol—Al $U_{or} = 308$ kV
III. 1 × 300/69 mm² Ol—Al $U_{or} = 253$ kV
IV. 1 × 400/72 mm² Ol—Al $U_{or} = 260$ kV.

Un argument în plus pentru adoptarea secțiunii de 400/72 mm² Ol—Al au fost caracteristicile sale mecanice superioare.

Determinarea coeficientului de siguranță* în exploatare a arătat că secțiunile de conductori 300/69 mm² Ol—Al și 400/72 mm² Ol—Al sînt practic echivalente; în zona deschiderilor normale (350 m) se obține un coeficient de siguranță de aproximativ 7, la nivelul valorilor adoptate în alte țări la lucrări similare (fig.2).

Caracteristicile superioare electrice și diferența mică de cost față de conductorul de 300/69 mm² Ol—Al a condus la alegerea conductorului de 400/72 mm² Ol—Al pentru echiparea liniei de 220 kV Bicaz-Sîngeorgiu-Luduș.

Trebuie menționat că s-a luat în considerare și un conductor de 400 mm² cu raportul dintre secțiunile de aluminiu și oțel mai mic decît cel obișnuit. Prin acest tip constructiv se obține un coeficient de siguranță în exploatare mărit fără să fie absolut necesar (aproximativ 8,5 la o deschidere de 350 m), scumpind construcția liniei în mod nejustificat.

Concluziile la care s-a ajuns în ceea ce privește secțiunea ce trebuie aleasă pentru conductori coincide cu rezultatele statisticii asupra realizărilor din alte țări, din care reiese că marea majoritate a liniilor de 220 kV construite în ultimii ani au fost echipate cu conductori de oțel-aluminiu unici pe fază de secțiuni mai mari de 400 mm² și cu raportul dintre secțiunile de aluminiu și oțel cuprins între 6 și 8.

Fiind determinată secțiunea optimă a conductorilor activi, s-a abordat apoi cea mai dificilă problemă, alegerea tipului de stîlp și a deschiderii între stîlpi. Tipurile de stîlpi folosite cel mai frecvent la construcția altor linii de 220 kV și care au fost analizate pentru linia Bicaz-Sîngeorgiu-Luduș au fost stîlpul tip Y (pisică), stîlpul portal ancorat, stîlpul portal neancorat și stîlpul cu așezarea conductorilor în triunghi (fig. 3). Calculul acestor tipuri de stîlpi în ipotezele prevăzute de prescripțiile din țara noastră și în condițiile meteorologice de calcul adoptate au condus la următoarele rezultate:

— Greutatea stîlpului de susținere, pentru toate tipurile de stîlpi, crește cu deschiderea între stîlpi (fig. 4).

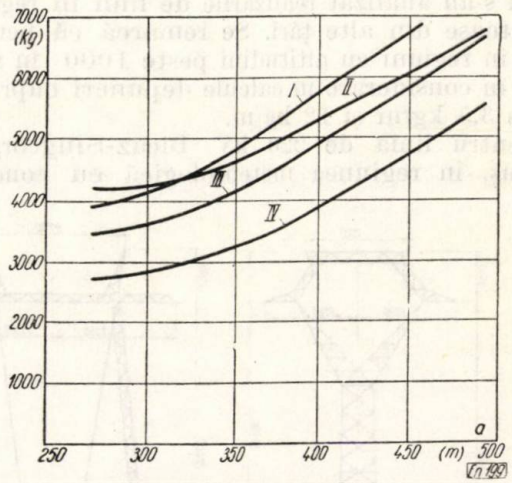


Fig. 4. Variația greutății stîlpului de susținere de diferite tipuri constructive în funcție de deschidere (pentru conductori de 400/72 mm² Ol—Al):
I — stîlp cu așezarea conductorilor în triunghi; *II* — stîlp portal neancorat; *III* — stîlp tip Y (pisică); *IV* — stîlp portal ancorat.

— Pentru aceeași secțiune normală a conductorilor raportul dintre secțiunile de aluminiu și oțel nu influențează în mod apreciabil greutatea stîlpilor (fig. 5).

— În ordinea crescîndă a greutății, stîlpii de susținere studiați se pot clasifica astfel: stîlp portal ancorat, stîlp tip Y, stîlp portal neancorat și stîlp cu așezare în triunghi. De menționat că tipul portal ancorat conduce la consumurile de metal cele mai mici, față de toate celelalte tipuri.

Luînd în considerare și celelalte elemente constructive stîlpi speciali fundații, conductori, izolatori, prize, etc.) s-a determinat în final costul total al liniei în funcție de deschiderea între stîlpi (fig. 6). Așa cum apărea evident numai din analizarea stîlpilor, soluția cu stîlpi portal ancorați reprezintă soluția optimă, urmată de soluția cu stîlpi tip Y, apoi de cea cu stîlpi triunghi și însfîrșit de soluția cu stîlpi portal, care este cea mai scumpă.

Rezultatele calculelor economice comparative indicau deci adoptarea soluției cu stîlpi portal

---

* Se definește coeficientul de siguranță mecanică în exploatare raportul:

$$C_e = \frac{g_r - g}{g_c - g}$$

în care

g este greutatea proprie a conductorului (kg/m);
g_c — greutatea conductorului acoperit cu polei luată în considerare în calcule (kg/m);
g_r — greutatea conductorului acoperit cu poleiul care produce ruperea firelor de aluminiu (kg/m).

ancorați. Condițiile de teren însă, care nu ofereau platforme suficient de mari pentru amplasarea stîlpilor cu suprafață de bază largă cum este

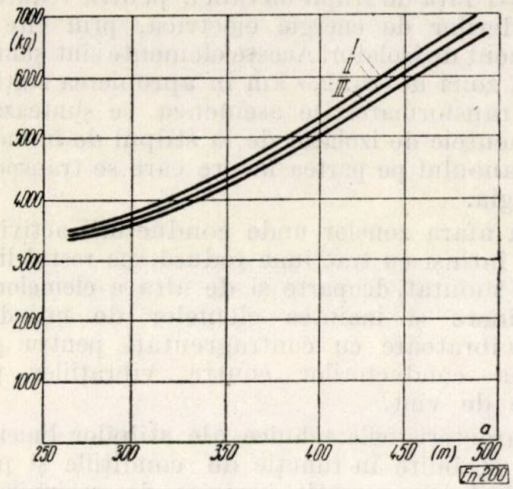


Fig. 5. Variația greutății stîlpului de susținere tip Y (pisică) în funcție de deschidere pentru conductori de 400 /72 mm² Ol—Al cu rapoarte diferite între secțiunile de aluminiu și oțel:
I – conductori cu raportul 8; *II* – conductori cu raportul 6; *III* – conductori cu raportul 4.

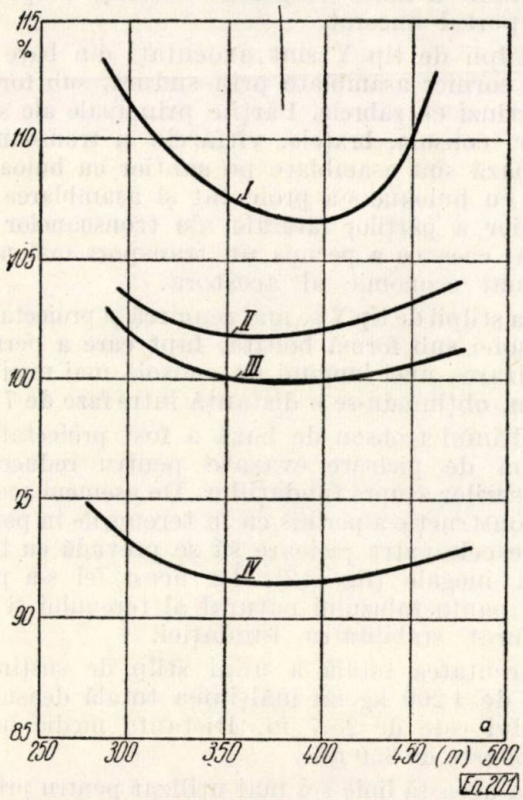


Fig. 6. Variația costului liniei în funcție de deschidere pentru diferite tipuri constructive de stîlpi:
I – stîlp portal neancorat; *II* – stîlp cu așezarea conductorilor în triunghi; *III* – stîlp tip Y (pisică); *IV* – stîlp portal ancorat.

stîlpul portal ancorat, au impus adoptarea stîlpului cu o suprafață a bazei mai redusă — stîlpul tip Y—, păstrîndu-se stîlpul portal ancorat numai pe o porțiune de terasă la intrare în centrala termoelectrică Luduș. Adoptarea acestei soluții a condus la cheltuieli de investiție cu cca. 9% mai mari față de soluția cu stîlpi portal ancorați.

Analizîndu-se variația costului liniei funcție de deschiderea între stîlpi a reieșit că deschiderea economică se situează între 350 m și 400 m. În acest domeniu de variație a deschiderilor costul liniei este practic constant. Adoptîndu-se ca deschidere nominală de calcul 350 m, s-au mărit cheltuielile de investiție cu cca. 0,2%, în timp ce coeficientul de siguranță în exploatare a crescut cu aproximativ 10%.

4. Caracteristicile tehnice ale liniei

Așa cum a rezultat din studiile tehnico-economice, s-a prevăzut echiparea liniei de 220 kV cu conductori unici pe fază avînd secțiunea nominală de 400 mm² oțel-aluminiu.

Caracteristicile principale ale conductorilor activi sînt:

– secțiunea de aluminiu	– 386,1 mm²
– secțiunea de oțel	– 72,2 mm²
– secțiunea totală	– 458,3 mm²
– raportul secțiunilor	– 5,35
– diametrul exterior al conductorului	– 27,8 mm
– greutatea conductorului	– 1,637 kg/m
– rezistența ohmică	– 0,0765 Ω/km.

Pentru protecția contra supratensiunilor linia s-a prevăzut cu doi conductori de protecție din oțel zincat avînd următoarele caracteristici principale:

– secțiunea nominală	– 70 mm²
– secțiunea efectivă	– 65,7 mm²
– diametrul conductorului	– 10,5 mm
– greutatea conductorului	– 0,529 kg/m.

Dat fiind terenul relativ accidentat al traseului care traversează o regiune de lanțuri muntoase cu un număr de zile cu descărcări atmosferice destul de ridicat, de 25—30 zile/an, s-a adoptat montarea conductorilor de protecție pe toată lungimea liniei.

Izolația liniei se realizează prin lanțuri alcătuite din elemente de izolatori cu capă și tijă, de fabricație cehoslovacă. Caracteristicile tehnice ale lanțului de susținere sînt:

Numărul de elemente de izoltaori	11 buc.
Forța de rupere	10±2 tone
Tensiunea de conturnare sub ploaie	450 kV
Lungimea lanțului de izolatoare	2,50 m
Greutatea lanțului (inclusiv armăturile)	95 kg.

În zonele cu altitudine peste 1 000 m, numărul de elemente adoptat este de 12 pe lanț de susținere.

Lanțurile de izolatori de întindere sînt toate duble și au cîte un element de izolator în plus față de lanțurile de susținere. Forța la rupere a lanțurilor de întindere este de 16 tone, ceea ce permite realizarea unui coeficient de siguranță mecanică la rupere de 3,30.

Conductorii activi sînt fixați la lanțurile de izolatori de susținere prin cleme de susținere oscilante, fără declanșare. Adoptarea clemelor

fără declanșare a fost impusă de terenul relativ accidentat al traseului liniei și cu condiții meteorologice grele și foarte grele.

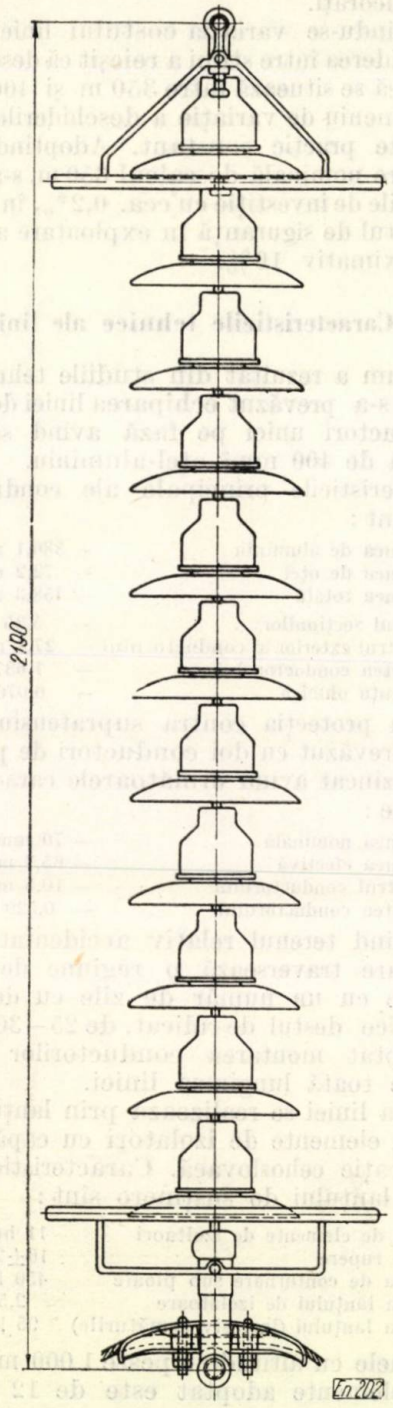


Fig. 7. Lanț simplu de izolatoare pentru susținere.

Clemele de întindere și înnădire sînt executate cu fixarea separată a inimii de oțel, iar strîngerea clemei pe conductor se face prin laminare.

Pentru uniformizarea potențialului de-a lungul lanțurilor de izolatori s-a proiectat echiparea lor cu inele de protecție de construcție specială la ambele capete ale lanțurilor.

Toate armăturile lanțurilor de izolatoare au rezistență mecanică la rupere de 12 tone.

Conductorii de protecție sînt de asemenea izolați față de stîlpii metalici, pentru reducerea pierderilor de energie electrică, prin cîte un element de izolator. Aceste elemente sînt șuntate pe o zonă de cca. 2,5 km în apropierea stațiilor de transformare. De asemenea se șuntează și elementele de izolator de la stîlpul de întindere al panoului pe partea înspre care se transportă energia.

În afara zonelor unde conductorii activi au fost întinși cu tracțiune redusă, pe restul liniei s-au montat, deoparte și de alta a clemelor de susținere și înaintea clemelor de întindere, antivibratoare cu contragreutăți pentru protecția conductorilor contra vibrațiilor produse de vînt.

Caracteristicile tehnice ale stîlpilor liniei au fost stabilite în funcție de condițiile și posibilitățile de execuție permise de regiunile pe care le-a străbătut traseul liniei.

Astfel, pe linia dintre Bicaz și Sîngeorgiu și pe porțiunea accidentată a liniei Sîngeorgiu-Luduș s-au folosit stîlpi de tip Y, iar în ultima porțiune a liniei Sîngeorgiu-Luduș, stîlpi de tip portal ancorat.

Stîlpii de tip Y sînt executați din bare de oțel cornier asamblate prin sudură, sub forma de grinzi cu zăbrele. Părțile principale ale stîlpilor, consola, brațele, vîrfarele și tronsoanele de bază sînt asamblate pe șantier cu buloane. Tot cu buloane s-a proiectat și asamblarea pe șantier a părților laterale ale tronsoanelor de bază, ceea ce a permis un transport mai ușor și mai economic al acestora.

La stîlpii de tip Y se mai remarcă și proiectarea consolei sub formă boltită, fapt care a permis realizarea unei lungimi de consolă mai mici de 14 m, obținîndu-se o distanță între faze de 7 m.

Ultimul tronson de bază a fost proiectat în formă de picioare evazate pentru reducerea eforturilor asupra fundațiilor. De asemeni această construcție a permis ca în terenurile în pantă mare cele patru picioare să se prevadă cu lungimi inegale (fig. 12). În acest fel s-a păstrat panta taluzului natural al terenului și s-a asigurat stabilitatea fundației.

Greutatea totală a unui stîlp de susținere este de 4 200 kg, iar înălțimea totală deasupra solului este de 25,7 m. Distanța medie între stîlpi este de 350 m.

La această linie s-a mai utilizat pentru prima dată la noi în țară tipul de stîlp de susținere în colț, care a permis ca fără scumpirea prețului de cost al liniei să se poată evita prin colțuri mai numeroase accidentele de teren.

Stîlpii de întindere normali și stîlpii de întindere și colț sînt realizați în același mod constructiv ca și stîlpii de susținere. Greutatea unui stîlp de întindere și colț ajunge la 7000 kg.

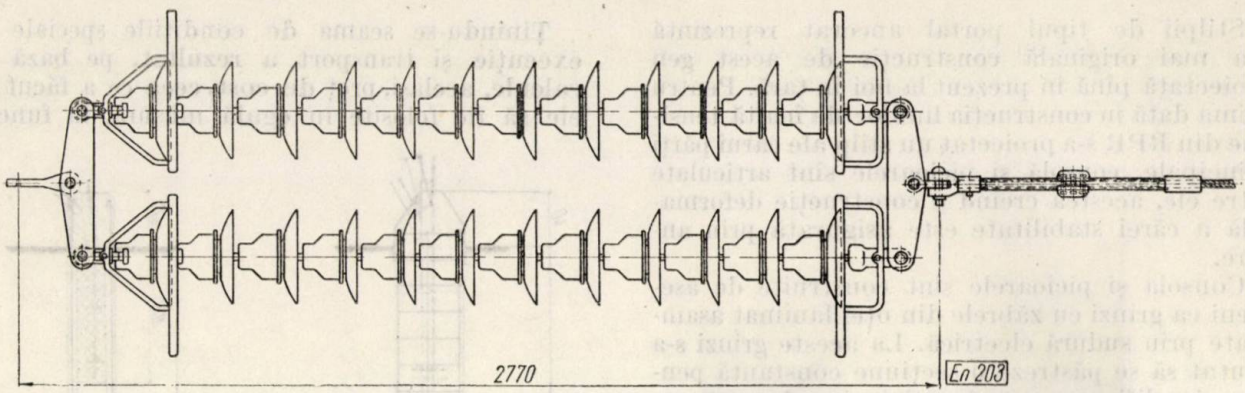


Fig. 8. Lanţ dublu de izolatoare pentru întindere.

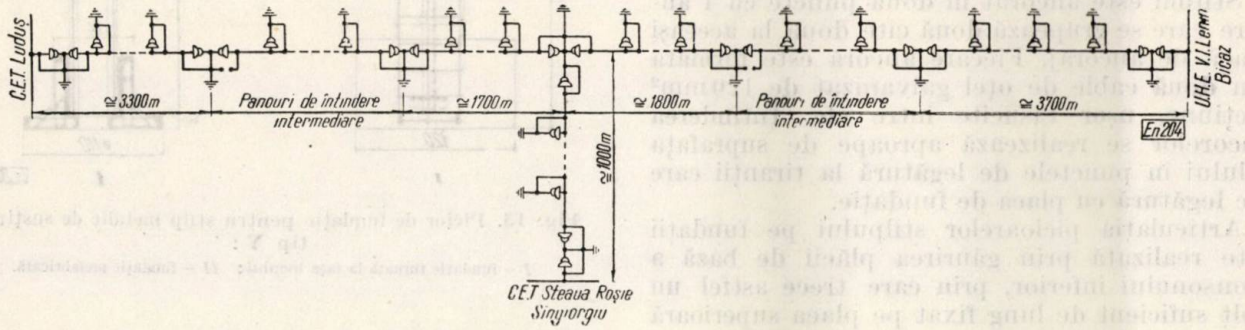


Fig. 9. Schema legăturilor conductorilor de protecţie la stîlpi.

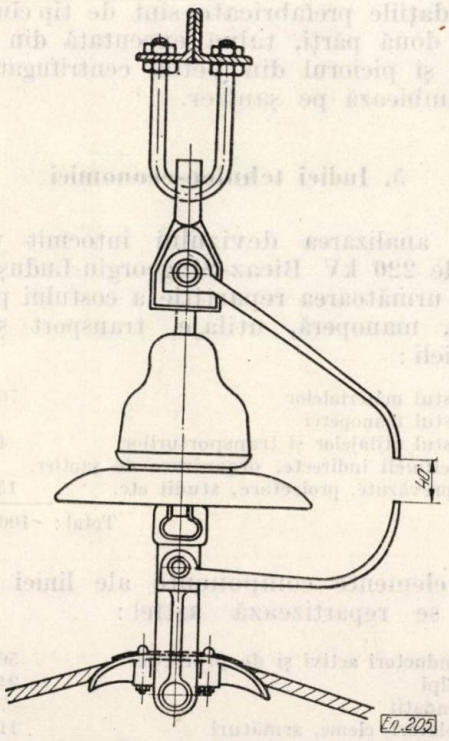


Fig. 10. Fixarea conductorului de protecţie la stîlpul de susţinere.

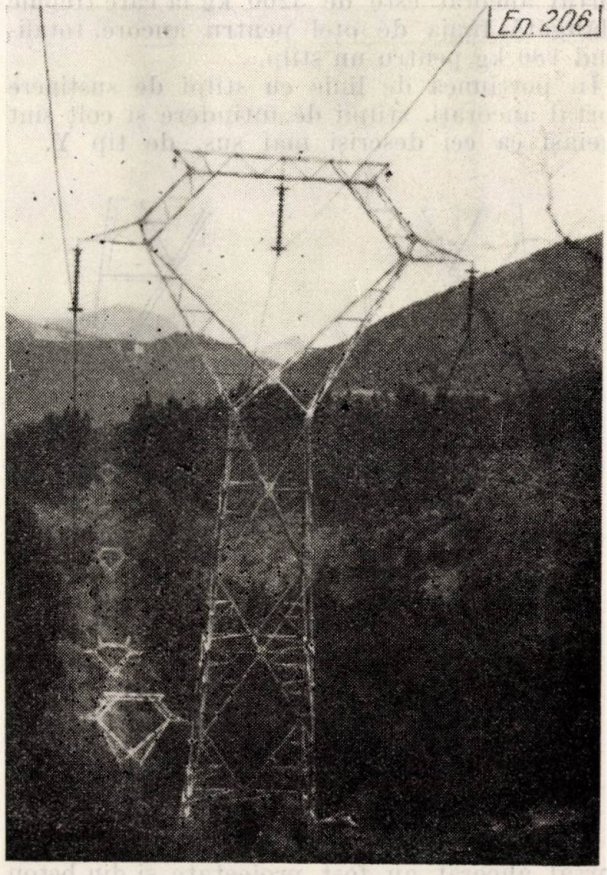


Fig. 11. Vedere a unei porţiuni de munte din linia de 220 kV Bicaz-Singeorgiu-Luduş.

Stîlpii de tipul portal ancorat reprezintă cea mai originală construcție de acest gen proiectată pînă în prezent la noi în țară. Pentru prima dată în construcția liniilor de înaltă tensiune din RPR s-a proiectat un stîlp ale cărui părți principale, consolă și picioarele sînt articulate între ele, acestea creînd o construcție deformabilă a cărei stabilitate este asigurată prin ancore.

Consola și picioarele sînt construite de asemeni ca grinzi cu zăbrele din oțel laminat asamblate prin sudură electrică. La aceste grinzi s-a căutat să se păstreze o secțiune constantă pentru simplificarea construcției și reducerea reperelor constructive.

Stîlpul este ancorat în două puncte cu 4 ancore care se grupează două cîte două la aceeași placă de ancoraj. Fiecare ancoră este formată din două cable de oțel galvanizat de 120 mm² secțiune, ușor răsucite între ele. Întinderea ancorelor se realizează aproape de suprafața solului în punctele de legătură la tiranții care fac legătură cu placa de fundație.

Articulația picioarelor stîlpului pe fundații este realizată prin găurirea plăcii de bază a tronsonului inferior, prin care trece astfel un bolț suficient de lung fixat pe placa superioară a fundației.

Greutatea unui stîlp de susținere de tip portal ancorat este de 3200 kg la care trebuie adăugată funia de oțel pentru ancore, totalizînd 180 kg pentru un stîlp.

În porțiunea de linie cu stîlpi de susținere portal ancorați, stîlpii de întindere și colț sînt aceiași ca cei descriși mai sus, de tip Y.

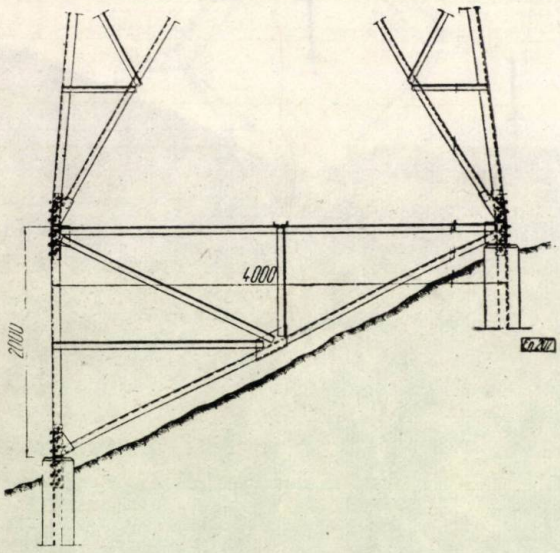


Fig. 12. Partea inferioară a unui stîlp metalic de susținere tip Y cu picioare inegale.

Fundațiile stîlpilor de tip Y și de tip portal ancorat au fost proiectate și din beton armat prefabricat și din beton turnat la locul de montaj (fig. 13).

Ținîndu-se seama de condițiile speciale de execuție și transport a rezultat, pe bază de calcule, același, preț de cost, ceea ce a făcut ca ele să fie folosite în egală măsură, în funcție

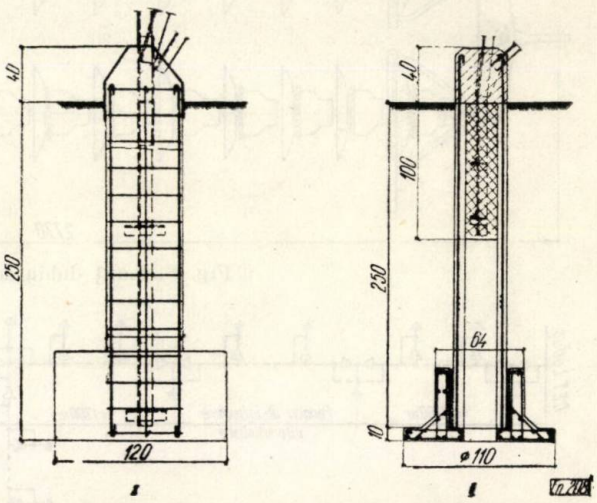


Fig. 13. Picior de fundație pentru stîlp metalic de susținere tip Y:
I – fundație turnată la fața locului; *II* – fundație prefabricată.

de posibilitățile de transport și de aprovizionare cu agregate.

Fundațiile sînt de tip evazat fiecare picior al stîlpului avînd cîte o fundație independentă.

Fundațiile turnate se execută cu picior și bază, avînd înglobate în picior și cornierul de asamblare cu stîlpul.

Fundațiile prefabricate sînt de tip ciupercă, avînd două părți, talpa executată din beton vibrat și piciorul din beton centrifugat, care se asamblează pe șantier.

5. Indici tehnico-economici

Din analizarea devizului întocmit pentru linia de 220 kV Bicaz-Sîngeorgiu-Luduș a rezultat următoarea repartiție a costului pe materiale, manoperă, utilaje, transport și alte cheltuieli :

a) Costul materialelor	76 %
b) Costul manoperei	4,2%
c) Costul utilajelor și transporturilor	4 %
d) Cheltuieli indirecte, organizare de șantier, neprevăzute, proiectare, studii etc.	15,8 %
Total :	100 %.

Pe elemente componente ale liniei costul liniei se repartizează astfel :

a) Conductori activi și de protecție	56 %
b) Stîlpi	24,5 %
c) Fundații	7 %
d) Izolatori, cleme, armături	11,5 %
e) Instalații de legare la pămînt, diverse	1 %
Total :	100 %.

Cantităţile de materiale necesare pentru realizarea liniei de 220 kV au fost următoarele :

Conductori de 400/72 mm² Ol—Al	cca. 970 tone — 5,172 t/km
Conductori de 70 mm² Ol zincat	cca. 205 tone — 1,9 t/km
Oţel laminat pentru stîlpi	cca. 2 794 tone — 14,9 t/km
Oţel laminat şi oţel beton pentru fundaţii	cca. 910 tone — 4,85 t/km
Ciment pentru fundaţii	cca. 1077 tone — 5,75 t/km
Elemente de izolatori	cca. 31 774 buc — 170 buc./km

6. Concluzii

Proiectarea liniei de 220 kV Bicaz-Sîngeorgiu-Luduş, prima linie de această tensiune executată în ţara noastră, a pus în faţa proiectanţilor probleme tehnice deosebite de cele care intervin de obicei la liniile de tensiuni pînă la 110 kV inclusiv. Construirea liniei în anul 1961 şi trecerea ei în anul 1962 la funcţionarea la tensiunea de 220 kV va contribui la îmbunătăţirea funcţionării sistemului energetic naţional. Bogata documentare tehnică cercetată şi studiile tehnico-economice aprofundate efectuate au permis să se obţină prin proiectare indici tehnico-economici la nivelul tehnicii mondiale.

Construcţia liniei de 220 kV Bicaz-Sîngeorgiu-Luduş

*DUMITRU CEAPÎRU, MIHALACHE IONESCU, ION PESTREA**-Bucureşti

Linia electrică aeriană 220 kV Bicaz-Sîngeorgiu-Luduş este destinată să funcţioneze ca linie de interconexiune între C.H.E. „V. I. Lenin" Bicaz, C.T.E. Sîngeorgiu şi C.T.E. Luduş, trei din cele mai mari centrale electrice ale sistemului energetic naţional.

Construcţia acestei linii a prezentat o dublă importanţă. În primul rînd este prima linie electrică de transport de foarte înaltă tensiune la noi în ţară, iar în al doilea rînd pentru că traseul ei prezintă dificultăţi deosebite, linia urmînd să traverseze 3 lanţuri ale munţilor Carpaţii Răsăriteni pe o lungime de 90 km cu o altitudine pînă la 1 370 m.

Elementele principale constructive ale liniei

Linia Bicaz-Sîngeorgiu-Luduş a fost proiectată şi construită pe stîlpi metalici tip PISICĂ cu fundaţii separate pentru fiecare montant (fig. 1 A).

Pe o porţiune de 16 km a traseului Sîngeorgiu-Luduş cu teren plan sau puţin accidentat s-au folosit stîlpi metalici tip portal ancorat cu două fundaţii de beton pentru picioarele stîlpilor şi două fundaţii de beton pentru ancore.

Linia a fost echipată cu conductori activi din oţel aluminiu 400/72 mm², conductori de protecţie din oţel zincat 70 mm² şi izolatori suspendaţi cu capă tip K3.

Lungimea liniei :	
— Bicaz—Sîngeorgiu	136 km
— Sîngeorgiu—Luduş	52 km
Numărul total al stîlpilor :	
— Bicaz—Sîngeorgiu	436 buc.
— Sîngeorgiu-Luduş	144 buc.
din care stîlpi speciali	74 buc.
Greutatea stîlpilor de susţinere tip PISICĂ	4 300 kg/buc.
Greutatea stîlpilor tip portal ancorat	3 200 kg/buc.
Greutatea stîlpilor speciali tip PISICĂ	6—7 500 kg/buc.
Deschidere medie între stîlpi	325 m
Deschidere maximă între stîlpi	670 m
Deschidere minimă	145 m
Lungimea panoului mediu	2 550 m
Lungimea panoului maxim	9 275 m
Fundaţii de beton monolit în medie	7,5 m³/buc.
	24 m³/km
Consumul de metal	15 t/km

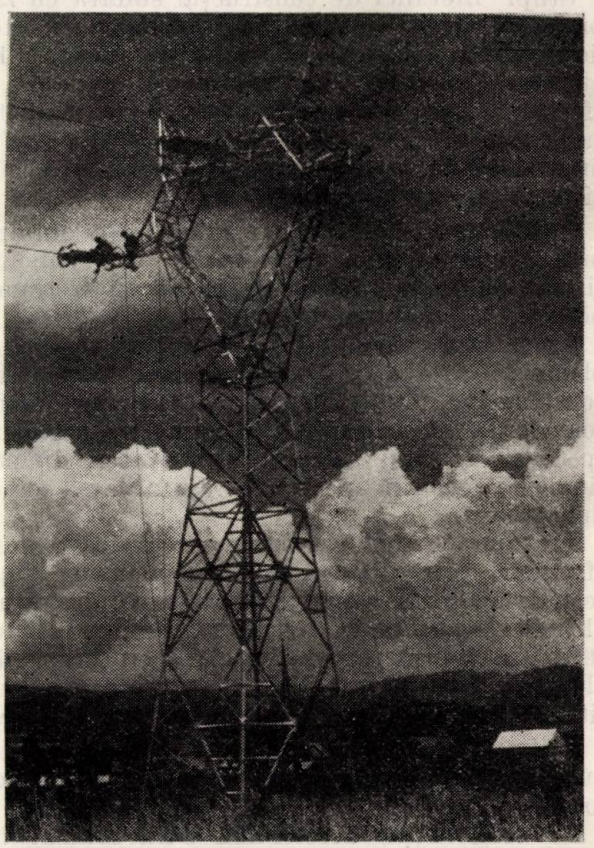


Fig. 1 A. Stîlp de întindere tip PISICĂ.

* *D. Ceapîru* este inginer şef la T.C.M.E., *M. Ionescu* este inginer şef al I.C.M.E.-Sibiu şi *I. Pestrea* este inginer la T.C.M.E.-Bucureşti.

Volumul lucrărilor executate

Fundații

— Săpături	12 000 m³
din care în stînci	1 700 m³
— Beton armat monolit	5 000 m³
— Beton armat prefabricat (experimental)	100 m³
— Transporturi în teren	500 000 t km

Stîlpi

— Stîlpi de susținere	2 200 t
— Stîlpi speciali	650 t
— Volumul total al transporturilor de stîlpi în teren (la un coeficient de încărcare de 0,3)	300 000 t/km

Conductori și izolatori

— Conductori activi OL Al 400 mm²	1 000 t
— Conductori de protecție OL 70 mm²	210 t
— Izolatori suspendați cu capă tip K3	31 000 buc.
— Cleme și armături	50 t
— Volumul total al transporturilor de conductori, izolatori și armături, în teren	60 000 t/km

Industrializarea lucrărilor de montaj

Pentru obținerea unor indici tehnici și economici optimi s-a utilizat în mare măsură industrializarea lucrării, cea mai mare parte din elementele constructive cu excepția parțială a fundațiilor, fiind executată complet prefabricat prin sectorul industrial.

Stîlpi metalici de construcție sudată cu zăbrele, de tip PISICA, au fost fabricați în atelierele centrale ale organizației de montaj. Ei au fost executați din tronsoane, panouri și sferturi a căror construcție a fost astfel studiată ca să asigure atît gabaritele impuse de c.f. și mijloacele de transport rutiere cît și un coeficient de încărcare satisfăcător.

Coeficientul de încărcare ridicat s-a obținut prin confecționarea tronsoanelor din panouri și sferturi în așa fel ca ele să poată fi transportate în pachete. (Fig. 1B).

Fabricația și montajul stîlpilor au pus probleme tehnice deosebite din cauza formei lor constructive. Confecționarea panourilor, tronsoanelor și sferturilor s-a efectuat pe șabloane speciale care au asigurat exactitatea dimensiunilor necesară pentru o asamblare corespunzătoare.

Protecția stîlpilor contra coroziunii a fost efectuată prin vopsire. Au fost utilizate vopsele de calitate superioară pe bază de rășini alchidice aplicate în 3 straturi. Pentru ultimul strat s-a folosit vopsea specială cu bronz de aluminiu care în afară de o durabilitate sporită asigură și un aspect corespunzător al liniei.

Ultimul strat de vopsea a fost aplicat în teren după ridicarea stîlpilor și montajul conductorilor.

La construcția acestei linii s-au utilizat în mod experimental fundații prefabricate, compuse dintr-un tronson de beton armat centrifugat Ø 38 cm și o placă din beton vibrat cu diametrul 1,10 m în greutate totală de 1050 kg. Prefabricatele au fost confecționate în atelierele centrale și asamblate pe teren.

Aceste fundații fiind introduse pentru prima oară la noi în țară au fost în prealabil supuse

Fig. 1B. Încărcarea panourilor în pachete, la atelierul de fabricație.

încercărilor de rezistență și omologate. În același mod la stația de încercări de stîlpi a fost verificat prototipul stîlpului de susținere de 220 kV.

Organizarea lucrărilor de montaj și metodele de lucru

Din cauza particularității acestei linii prin lipsa accentuată a gărilor de cale ferată în special pe porțiunea Bicaz-Sîngeorgiu, precum și datorită situației geografice, execuția ei a fost împărțită în 3 șantiere, delimitate și de obstacolele naturale.

Lucrările au fost organizate pe principii tehnologice moderne, după metoda în flux continuu pe operațiuni.

Au fost create 3 fluxuri tehnologice : fundații, stîlpi, conductori, cărora printr-o mecanizare corespunzătoare li s-au asigurat o mobilitate maximă posibilă în condițiile de teren existente în zonă.

În teren cazarea personalului de execuție și depozitarea materialelor s-au făcut ținînd seama de posibilitățile locale din comunele din apropierea traseului, iar în porțiunile de munte lipsite de localități, s-au folosit dormitoare mobile și magazii metalice demontabile, care au asigurat caracterul de mobilitate al șantierului pentru lucrul în flux tehnologic.

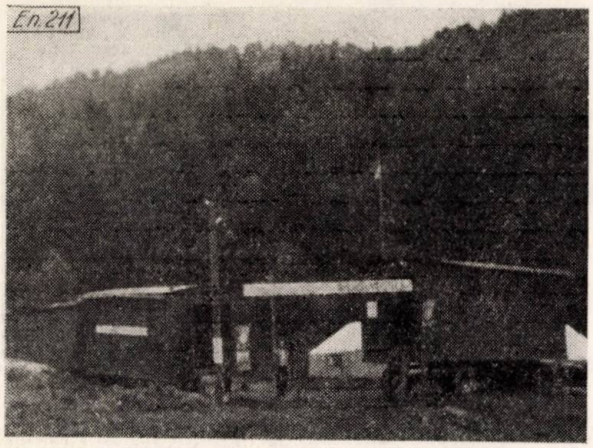


Fig. 2. Dormitoare mobile și corturi în zona de munte.

La punctele de lucru s-au folosit în timpul verii corturi de adăpostire în cazuri de intemperii (fig. 2).

Mecanizarea lucrărilor

Execuția lucrării s-a desfășurat în perioada 1 aprilie — 31 octombrie 1961.

Cu toate dificultățile întîmpinate din cauza terenului accidentat la mecanizarea operațiunilor totuși s-au adoptat anumite scheme de mecanizare corespunzătoare acestei situații care au permis reducerea mîinii de lucru pe întreaga lucrare de 188 km numărul mediu lunar de muncitori a fost de 400.

Nomenclatorul mijloacelor de transport și utilajelor tehnologice cu care au fost dotate cele trei șantiere de execuție a fost:

Autocamioane de 5 tone
Tractoare rutiere „Universal" 26
Tractoare „Kirov" S. 80 și S. 100
Tractoare „Kirov" S. 100 cu granic 5 tone
Tractor „Kirov" cu foreză
Automacarale de 3 și 5 tone
Frîne pentru desfășurarea conductorilor
Mașini cu motor electric pentru tragerea conductorilor
Grupuri electrogene
Auto ateliere
Motopompe
Remorci mono și biax. 2—4 tone

Metode de lucru

Transporturi

Gama de utilaje folosită a fost astfel aleasă ca să permită printr-o utilizare complexă atît mecanizarea maximă posibilă a lucrărilor cît și obținerea unor indici eficienți de utilizare a lor. Dat fiind depărtarea de centrele fixe de întreținere, exploatarea și gospodărirea acestor utilaje au fost asigurate prin ateliere și amenajări mobile pe traseul liniei. Prin aceasta s-a obținut o deservire operativă corespunzătoare — indicele de folosire a parcului inventar depășind 85%.

Transporturile normale de la gările de destinație pînă la subdepozite sau la unele borne din zonele accesibile, au fost efectuate cu autocamioane și tractoare Universal 26 cu remorci.

Transporturile de la subdepozite la borne s-au executat în general cu tractoare Kirov cu remorci sau sănii, după gradul de accidentare al terenului. În numeroase cazuri pentru accesul la unele borne au fost necesare amenajări de drumuri.

În terenurile foarte accidentate pe pantele abrupte și stîncoase, pentru transportul de balast, ciment, panouri, tronsoane și sferturi de stîlpi ca și conductori, au trebuit să fie amenajate instalații de funiculare din cable de tracțiune și role (fig. 3) sau planuri înclinate (fig. 4).

În ambele cazuri tracțiunea necesară pentru transportul sarcinilor a fost mecanizată cu ajutorul tractoarelor Kirov cu trolii de intervenție.

Fig. 3. Transportul unui tronson de stîlp cu ajutorul funicularului.

Fundații

Săparea gropilor pentru fundațiile prefabricate și parte din cele executate monolit, în zonele mai ușoare acolo unde natura solului

a permis s-a făcut mecanizat cu ajutorul forezelor montate pe tractoare cu șenile Kirov S. 100 (fig. 5).

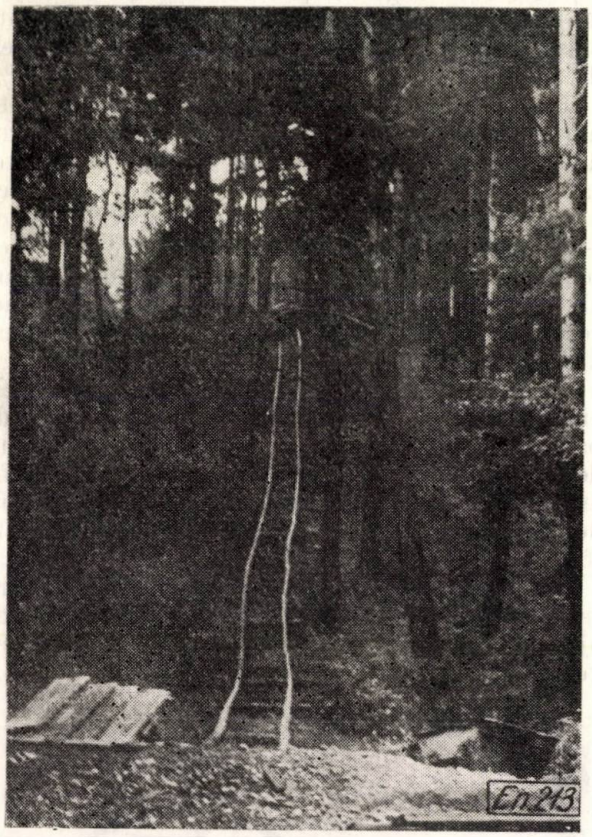


Fig. 4. Plan înclinat pentru transportul materialelor la bîrnele greu accesibile.

Săpăturile pentru cele 4 gropi de fundație ale unui stîlp de susținere normal (SN) s-au

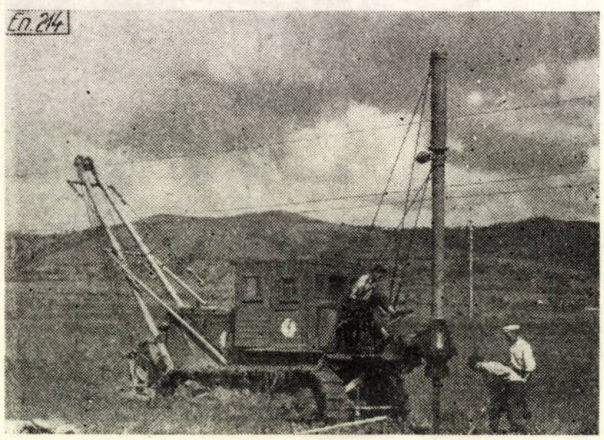


Fig. 5. Săparea mecanizată a gropilor cu foreza montată pe tractor Kirov.

executat cu foreza în 4 ore, față de durata de săpare manuală a unei asemenea gropi, care dura cca. 20 ore.

Săparea gropilor s-a făcut și manual. La cca. 40% din numărul lor s-au executat epuismente, pînza de apă fiind la mică adîncime

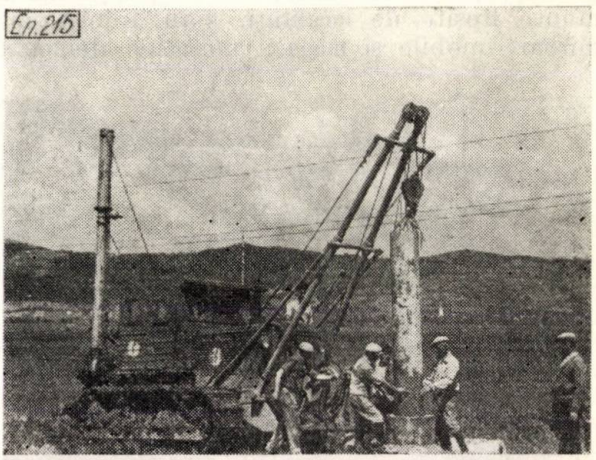


Fig. 6. Asamblarea și montarea fundațiilor prefabricate cu brațul de macara montat pe tractorul cu foreză.

sau dinamitări în zonele de munte cu roci calcaroase și granitice.

Pentru fundațiile monolit confecționarea armăturilor de oțel beton s-a făcut centralizat în atelierele celor 3 șantiere. Din cauza dificultăților de acces în teren nu s-a putut face prepararea mecanizată sau centralizată a betonului.

Elementele fundațiilor prefabricate au fost asamblate la fiecare bornă (fig. 6) — Montarea lor în gropi s-a făcut cu ajutorul brațelor de macara montate pe tractoarele Kirov cu foreză.

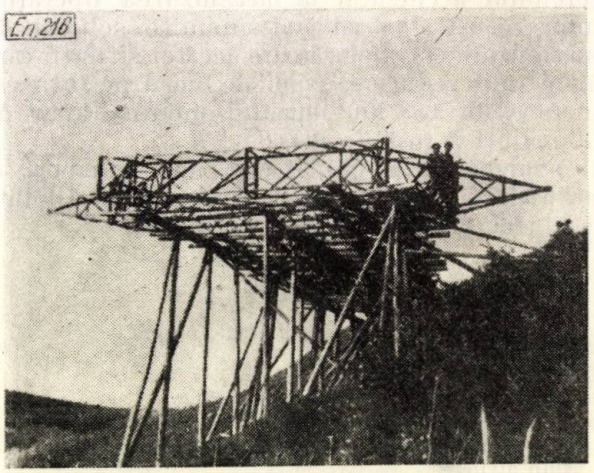


Fig. 7. Eșafodaj pentru asamblarea unui stîlp în teren accidentat.

Asamblarea stîlpilor metalici

La asamblarea stîlpilor metalici s-au folosit tractoare Kirov și automacarale.

La bornele din teren accidentat și în special la cele cu pantă transversală asamblarea nu a

fost posibilă decît prin construirea unor platforme speciale pe eșafodaje din lemn rotund. Cantitățile de lemn întrebuințate la aceste eșafodaje pentru un stîlp au fost între 8—20 m³ lemn rotund și 0,5—3m³ cherestea.

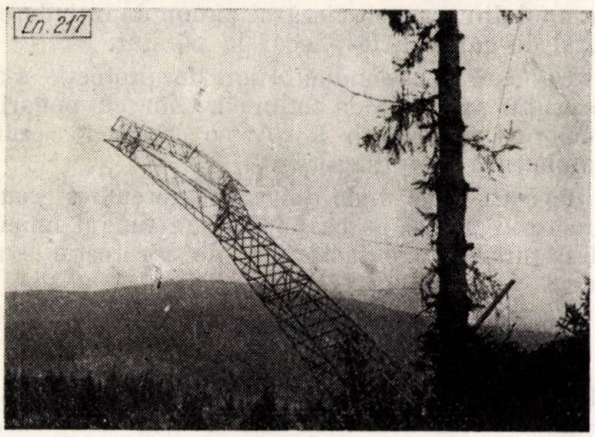


Fig. 8. Ridicarea unui stîlp tip PISICA.

În terenurile accidentate unde folosirea acestei metode nu a fost posibilă, stîlpii au fost ridicați prin tragerea indirectă cu tractorul, folosind role pentru schimbarea direcției de tragere.

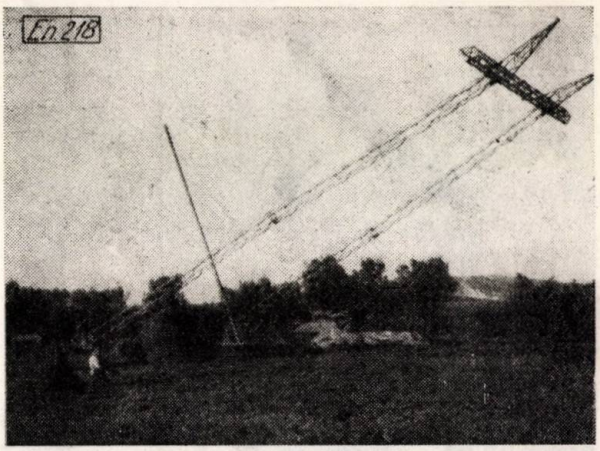


Fig. 9. Ridicarea unui stîlp portal ancorat.

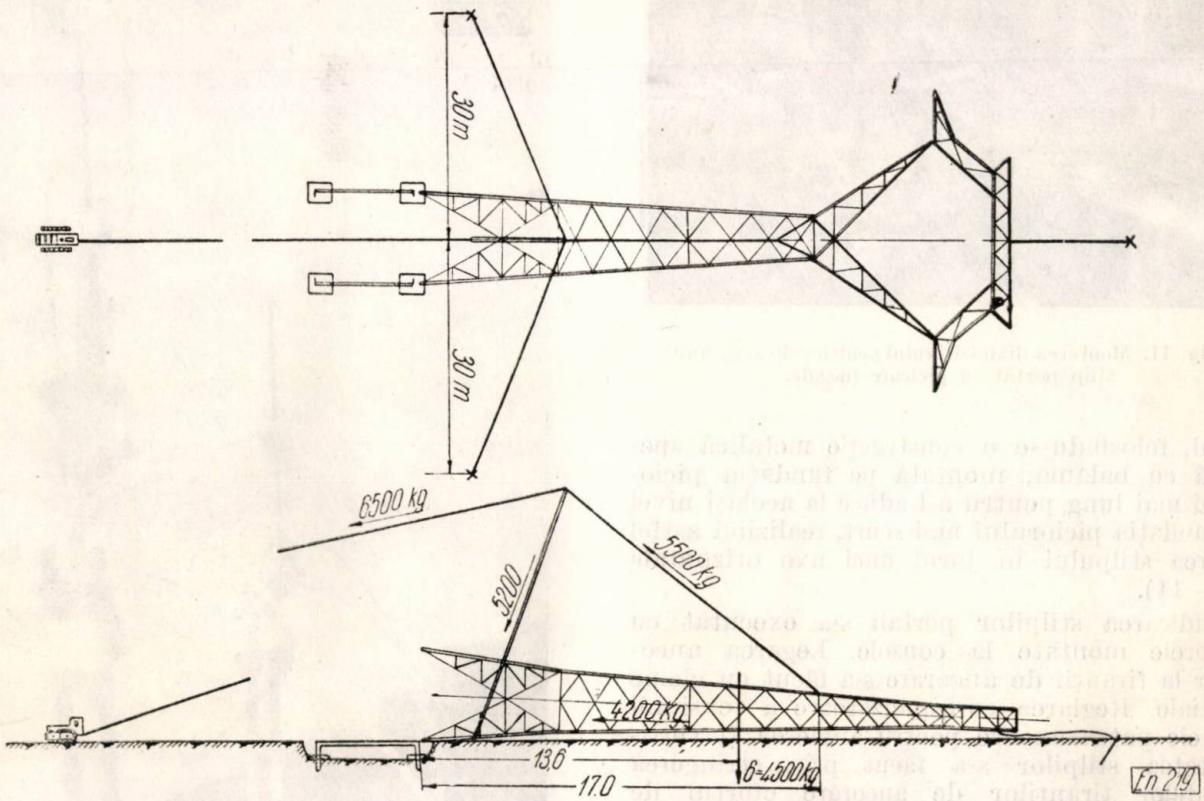


Fig. 10. Schema de ridicare a stîlpului PISICA.

Ridicarea stîlpilor

Atît stîlpii tip PISICA cît și stîlpii tip Portal ancorat au fost ridicați prin metoda tragerii directe cu tractorul Kirov S 100 folosind piloni ajutători de 12 m (fig. 8, 9 și 10).

La stîlpii tip PISICA cu picioare inegale, din cauza pantei accidentate a terenului s-au folosit tronsoane de bază suplimentare prin care picioarele stîlpului au fost aduse la același nivel.

În locurile foarte greu accesibile și în pozițiile speciale s-au folosit uneori pentru ridicare două tractoare sau scripeți de demultiplicare.

Stîlpii portali ancorați cu picioare inegale s-au ridicat tot prin metoda tragerii directe cu trac-

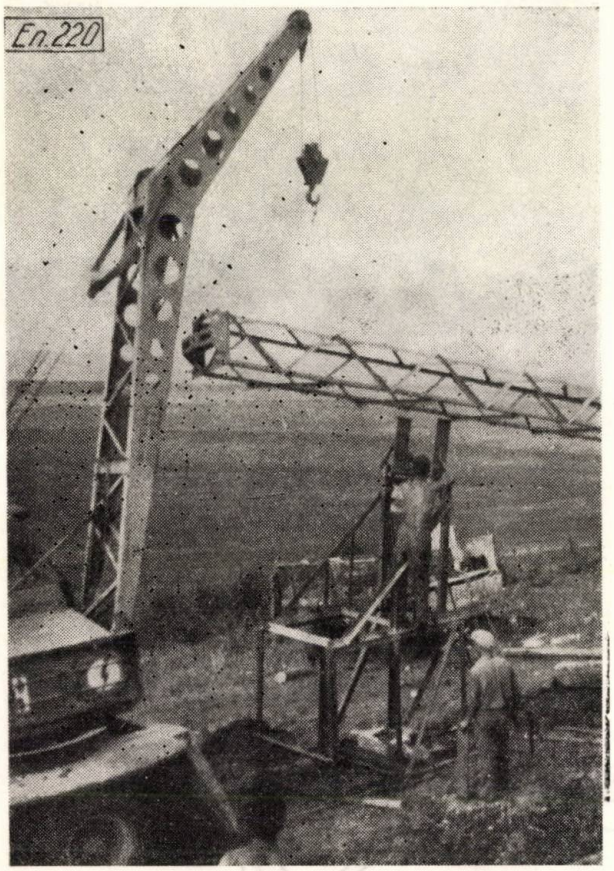


Fig. 11. Montarea dispozitivului pentru ridicarea unui stîlp portal cu picioare inegale.

torul, folosindu-se o construcție metalică specială cu balama, montată pe fundația piciorului mai lung pentru a-l aduce la același nivel la fundația piciorului mai scurt, realizînd astfel rotirea stîlpului în jurul unei axe orizontale (fig. 11).

Ridicarea stîlpilor portali s-a executat cu ancorele montate la console. Legarea ancorelor la tiranții de ancorare s-a făcut cu cleme speciale. Reglarea corespunzătoare a tensiunii în cele patru ancore pentru alinierea și verticalitatea stîlpilor s-a făcut prin strîngerea piuliților tiranților de ancorare efortul de tracțiune la montaj de 2×1600 kg fiind continuu verificat cu dinamometre speciale (fig. 12).

Montarea conductorilor de protecție

Conductorii de protecție (contra supratensiunilor atmosferice) din oțel galvanizat OL 70 mm² s-au montat prin intermediul unui izolator, cu capă tip K 3 prevăzut cu coarne de protecție, avînd intervalul disruptiv de 40 mm.

La ieșirile și intrările din stația Bicaz-Sîngeorgiu și Luduș pe o porțiune de cca. 2 km intervalele de protecție au fost schuntate prin conductori de OL 70 mm. În lungul traseului la unul din capetele fiecărui panou de întindere, firul de gardă a fost legat la pămînt.

Desfășurarea conductorilor de protecție s-a executat prin metoda cu un cărucior cu pneuri, remorcat de tractor Kirov pe care s-a așezat tamburul cu conductori.

Pe porțiunile unde din cauza terenului greu, tractorul nu se putea deplasa în lungul liniei, desfășurarea conductorilor de protecție s-a făcut manual.

Montarea conductorilor activi

Dat fiind importanța acestei lucrări și condițiile speciale de execuție pentru montarea conductorilor activi Ol—Al 400/72 mm² care intră în categoria conductorilor de secțiuni mari au fost analizate comparativ metodele

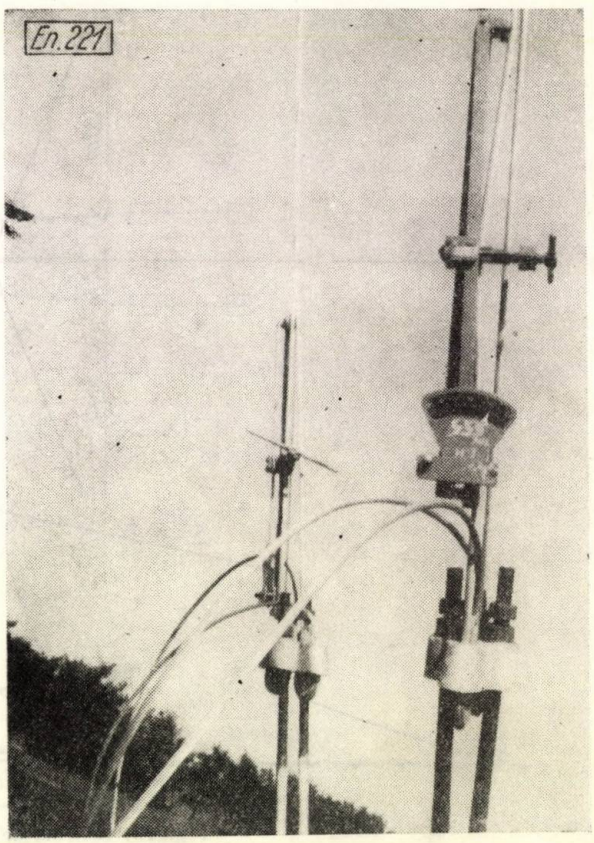


Fig. 12. Măsurarea tensiunilor în ancorele stîlpilor portali

de lucru care puteau fi luate în considerare pentru aplicarea la această lucrare, ținînd seama de caracteristicile tehnice ale liniei (stîlpi, conductori, izolatori) și în special de

traseu (accidentarea terenului, posibilitățile de acces ale tractorului Kirov pe teren)

În urma acestei analize s-a adoptat metoda desfășurării conductorilor sub tracțiune prin metoda cu fir pilot, care prezintă avantaje deosebite față de metodele de desfășurare obișnuite cu tamburul de conductori mobil sau fix, în special din punct de vedere calitativ. Folosind metoda cu fir pilot se elimină degradarea mecanică și coroziunea aluminiului care s-ar produce la desfășurarea (tîrîrea) conductorilor pe pămînt cu tractorul. De asemenea în panourile de întindere din porțiunile de traseu accidentate sau cu obstacole, inaccesibile tractorului de-a lungul liniei, nu se putea folosi decît desfășurarea manuală cu o productivitate foarte redusă sau metoda mecanizată sub tracțiune cu fir pilot.

Linia 220 kV Bicaz-Fîntînele a fost prima linie din țara noastră la care s-au montat conductorii Ol—Al de secțiune mare prin metoda cu fir pilot. Utilajele și dispozitivele de lucru speciale pentru conductori de secțiune mare precum și pentru metoda de lucru aleasă au fost stabilite, proiectate și realizate în cadrul organizației de montaj.

Utilaje și dispozitive speciale de lucru

Principalele utilaje și dispozitive care au trebuit să fie realizate în acest scop au fost :

a. *Mașina de tras conductori* a fost realizată sub forma unei instalații cu troliu electric — pentru o tracțiune de 3 t prevăzută cu reglarea în trepte a vitezei și frînă electromagnetică.

Întreaga instalație a fost montată pe o remorcă monoax pe pneuri, cu patru calaje telescopice reglabile, (fig. 13)

Alimentarea cu energie electrică a fost asigurată printr-un grup electrogen mobil de 36 kVA—400/231 V.

Caracteristici tehnice

— Puterea motorului electric	15 kW
— Turația motorului electric	960 rot/min.
— Forța maximă de tragere	3 tone
— Viteza maximă de tragere	41 m/min
— Tamburul troliului de tragere	
— diametrul	450 mm
— lungimea	770 mm
— Capacitatea de înfășurare cu cablu Ø 11 mm	1200 metri
— Gabaritul 2,15×3,50 m — înălțimea	1,75 metri

b. *Instalația de frînare* este destinată să absoarbă diferența între tracțiunea mecanică necesară a se imprima conductorului activ pentru a-l menține deasupra solului și tracțiunea sub care acest conductor se găsește rulat pe tambur.

Această instalație se compune în principal din două discuri de diametru mare (1720 mm) de aluminiu pe periferia cărora sînt practicate cîte trei șanțuri de fricțiune căptușite cu piele sau material plastic.

Instalația este prevăzută cu o frînare suplimentară pe tambur cu ferodou, cu reglaj fin pînă la viteza zero. Întregul dispozitiv a fost

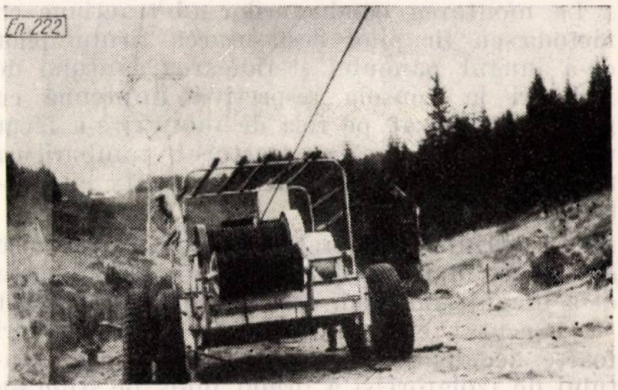


Fig. 13. Instalație mobilă pentru tragerea conductorilor.

montat pe un șasiu metalic cu două axe pe roți de cauciuc. (Fig. 14).

Caracteristici constructive

— Diametrul exterior	1720 mm
— Diametrul interior	1600 mm
— Lungimea de frînare pe role	15 m
— Raza șanțului	25 mm
— Tambur de frînare	2 buc.
— Diametrul tamburului de frînare	1000 mm
— Lățimea ferodoului	100 mm
— Suprafața efectivă de frînare	0,37 m²
— Gabaritul 1,50/6,40 m și înălțimea	2,38 m
— Greutatea	4430 kg

c. *Role de montaj* basculante cu 2 scripeți, diametrul util 220 mm și greutatea 18 kg. Distanța între axe 264 mm.

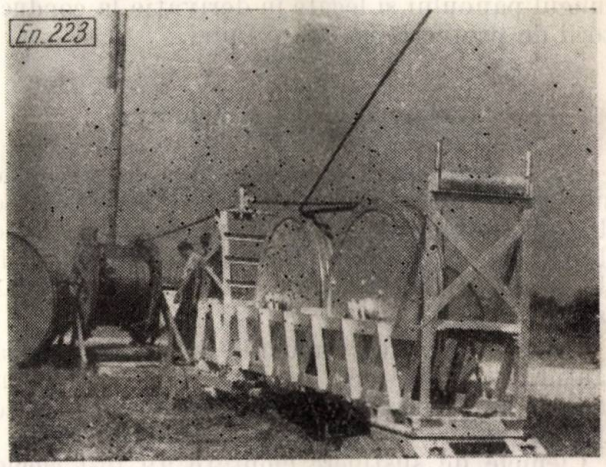


Fig. 14. Dispozitivul de frînare.

d. *Piese rotitoare* diametrul 47 mm și lungimea 187 mm pentru înnădirea firului pilot.

e. *Ciorapi metalici* de tragere pentru Ol—Al Ø 25—30 mm

f. *Cleme de montaj* de tipul cu şuruburi pentru Ol—Al Ø 28—30 mm.

g. *Fir pilot* din cablu de oţel flexibil Ø 11 mm

h. *Capră de derulare* cu frînă cu bandă.

La montarea conductorilor sub tracţiune cu metoda cu fir pilot desfăşurarea firului pilot de-a lungul panoului şi ridicarea lanţului de izolatori la consola respectivă împreună cu firul pilot aşezat pe rola de montaj s-a făcut prin tragere directă cu tractorul, tamburii cu fir pilot fiind aşezaţi pe un suport fix la capătul panoului.

Pe porţiunile de traseu accidentate sau cu obstacole, unde tractorul nu se putea deplasa de-a lungul traseului, desfăşurarea firului pilot s-a executat cu cai de munte şi în terenuri foarte accidentate manual, iar ridicarea lanţului de izolatori şi a firului pilot pe stîlpi s-a făcut folosind un dispozitiv de tragere şi ridicare ERDIR.

Desfăşurarea conductorilor de Ol—Al s-a executat prin tragere cu maşina de tras conductori aşezată la un capăt al panoului.

Forţa necesară de tragere şi respectiv de frînare a conductorului de oţel aluminiu 400 mm² pentru a-l menţine deasupra solului la deschiderea de 350 m este de 1500 kg.

Măsurarea săgeţii de montaj s-a executat prin vizare directă într-o deschidere special aleasă verificîndu-se şi tracţiunea în conductori cu un dinamometru.

Montarea clemelor de susţinere şi antivibratorilor s-a executat folosindu-se scări speciale de montat fixate pe consolele stîlpilor.

În timpul operaţiunilor de montare a conductorilor, pentru comunicaţii între montori s-au folosit telefoane mobile răspîndite de-a lungul panoului şi legate în derivaţie la conductorii de protecţie izolaţi ai liniei.

Izolatori, cleme şi armături

La această lucrare s-au montat la stîlpii de susţinere lanţuri speciale de izolatori formate din 11 izolatori K 3 şi lanţuri duble formate din 2×11 izolatori la traversări, iar la stîlpii de întindere lanţuri duble formate din 2×11 izolatori K 3.

Ca armături de protecţie s-au montat la lanţurile simple inele de protecţie Ø 550 mm iar la lanţurile duble două inele asimetrice Ø 750 mm.

Clemele de susţinere montate au fost cleme oscilante din fontă maleabilă.

Clemele de înădirea conductorilor şi clemele de tracţiune folosite au fost de tipul cu prinderea separată a inimii de oţel şi a mantalei de aluminiu în mufe de oţel şi respectiv de aluminiu, care oferă condiţii de siguranţă optime în exploatare.

Montarea conductorilor la aceste cleme s-a executat prin laminarea mufelor cu ajutorul unei prese hidraulice (fig. 15).

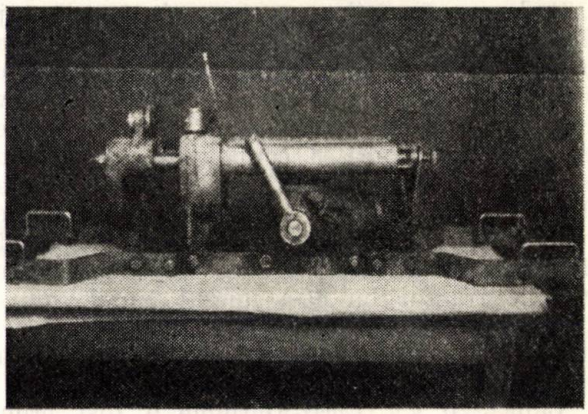


Fig. 15. Presa hidraulică pentru laminarea mufelor de înădire.

Cordoanele de legătură din Ol—Al dintre panourile de întindere au fost fixate la mufele

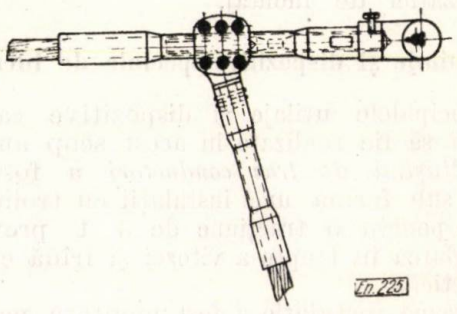


Fig. 16. Clema de tracţiune.

clemelor de tracţiune tot prin acelaşi procedeu (fig. 16).

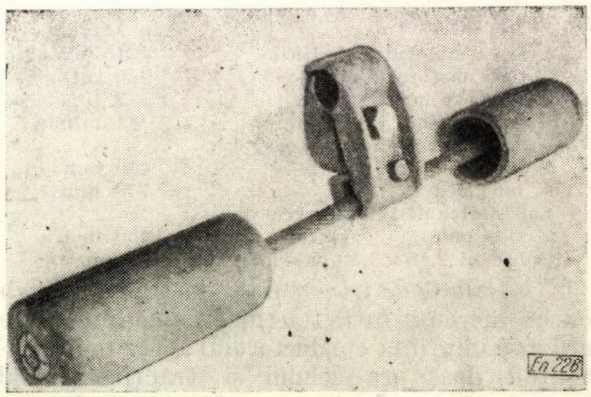


Fig. 17. Antivibrator.

Pentru amortizarea vibraţiilor conductorilor s-au montat pe conductori antivibratoare la 1,20—1,60 m. de o parte şi de alta de clemele de susţinere sau tracţiune (fig. 17).

Elementele componente ale lanțurilor de izolatori: izolatorii, armăturile de suspensie (cîrlige, ochiuri și nuci de suspensie) și clema de susținere au fost încercate la tracțiune și au corespuns la o sarcină de rupere minimă de 8 000 kg.

Armăturile pentru suspendarea lanțurilor duble (cîrlige și juguri de suspensie) clemele de tracțiune și clemele de înnădire au fost încercate la tracțiune și au corespuns la o sarcină de rupere minimă de 16 000 kg.

Indicii tehnico — economici. Cu toate condițiile de teren cu totul speciale execuția acestei lucrări s-a desfășurat într-un ritm rapid.

Durata totală de execuție a întregii lucrări a fost de 7 luni ceea ce revine la:

— viteza medie de execuție lunară	27 km;
— viteza medie de execuție pe zi cca.	1 km,

viteze de execuție ce se situează la nivelul tehnicii actuale din alte țări.

Gradul de industrializare a lucrărilor:

— la stîlpi	100%
— la fundații	10%

Nivelul de mecanizare a lucrărilor:

— stîlpi	95%
— conductori	85%
— fundații	15%

Totalizînd puterea utilajelor folosite la această lucrare rezultă un indice de mecanizare de 25 CP/km linie.

Construcția acestei linii, prima linie de 220V din țara noastră, deși a fost situată pe cel mai greu traseu dintre toate liniile de înaltă tensiune construite pînă în prezent în R.P.R, totuși a fost realizată într-un timp scurt și în condiții tehnice corespunzătoare.

La această lucrare s-au folosit numeroase elemente constructive noi și o tehnologie și mecanizare avansată.

Realizarea ei a dovedit capacitatea tehnică și organizatorică a Trustului de Construcții și Montaje Energetice și a unităților sale care au contribuit direct la execuția lucrărilor: Întreprinderile nr. 5 Sibiu, nr. 4 Cluj și nr. 2 Bacău, pentru partea de construcții și montaj, întreprinderea nr. 7 București pentru confecționarea stîlpilor și fundațiilor prefabricate și întreprinderea nr. 6 București, pentru asigurarea utilajelor respective.

Experiența căpătată la această primă lucrare de foarte înaltă tensiune este deosebit de prețioasă pentru construcția în viitor a celorlalte lucrări de linii de 220—400 kV din planul de perspectivă 1960—1965 pentru electrificarea țării.

Dezvoltarea hidroenergeticii în U.R.S.S.

I. Prezentare de ansamblu

*ALEXANDRU COGĂLNICEANU**-București

Programul P.C.U.S. acordă o deosebită importanță electrificării, ca factorul principal al construirii bazei tehnico-materiale a comunismului. „Electrificarea, care constituie pivotul construirii economiei societății comuniste, — se arată în Programul Partidului Comunist al Uniunii Sovietice — joacă un rol de frunte în dezvoltarea tuturor ramurilor economiei naționale, în asigurarea întregului progres tehnic modern. De aceea este necesar să se asigure ca ritmul de creștere a producției de energie electrică să devanseze ritmul de creștere din celelalte ramuri. Planul de electrificare a țării prevede: sporirea de aproape trei ori în următorii 10 ani a gradului de înzestrare cu energie electrică a muncii în industrie; dezvoltarea largă pe bază de energie electrică ieftină a ramurilor industriale care necesită mari cantități de energie electrică; electrificarea masivă a transporturilor, a agriculturii, aplicarea electrificării în viața de toate zilele a populației de la orașe și sate. În al doilea deceniu electrificarea întregii țări va fi în linii mari terminată".

Pentru realizarea deplinei electrificări, va fi necesar să se efectueze un vast program de construcții energetice, în care o mare însemnătate o va avea utilizarea marilor resurse hidroenergetice de care dispune Uniunea Sovietică.

1. Resursele hidroenergetice ale U.R.S.S.

În urma a numeroase lucrări de studii și cercetare efectuate pentru cunoașterea resurselor energetice ale U.R.S.S., în anul 1951 s-a stabilit valoarea potențialului teoretic și tehnic amenajabil pe întreg teritoriul U.R.S.S. În urma precizării datelor topografice și hidrologice, precum și a studierii schemelor de amenajare, în special pentru bazinele mai puțin cercetate din nord-estul Siberiei și Orientului îndepărtat,

* Ing. *A. Cogălniceanu* este șef de secție la C.T.N.

în perioada 1958—1961 s-au recalculat resursele hidroenergetice ale U.R.S.S. Noile valori obținute au rezultat în urma studierii pe cale directă a cca. 4 500 rîuri, față de 1 500 rîuri în 1951. Diferența de 3 000 rîuri studiate în plus pe cale directă, se referă în special la regiunile Siberiei și Orientului îndepărtat.

Ultimele rezultate obținute sînt arătate, comparativ cu datele stabilite în anul 1951, în tabela 1.

Tabela 1

Potențialul hidroenergetic al U.R.S.S.	1951		1961	
	10^6 kW	10^9 kWh	10^6 kW	10^9 kWh
Potențial teoretic	420	3 680	434	3 800
Determinat pe cale directă pe rîuri separate	340	2 978	378	3 300
Potențial tehnic amenajabil	190	1 721	240	2 100

Resursele hidroenergetice nu sînt repartizate uniform pe teritoriul U.R.S.S. Cele mai economice resurse sînt situate în special în regiunile de răsărit ale țării. Siberiei, Orientului îndepărtat, Asiei centrale și Kazahstanului îi revin peste 80% din totalul potențialului tehnic amenajabil, din care Siberiei 54%, Orientului îndepărtat 16,5% și Asiei centrale 15%. Rîurile Lena, Ienisei, Angara, Amur, Bitim, Obi, Vahș, Narîn, Irtiș prezintă un potențial hidroenergetic foarte însemnat și condiții deosebit de favorabile pentru amenajarea de mari uzine hidroelectrice foarte economice.

După cum rezultă din aceste date, Uniunea Sovietică dispune de resurse hidroenergetice foarte mari, depășind cu mult în această privință toate țările capitaliste, așa cum rezultă din tabela 2.

Tabela 2

Țara	Potențialul tehnic amenajabil		
	Total Wh	$\frac{\text{kWh}}{\text{locuitor}}$	$\frac{\text{kWh}}{\text{km}^2}$
U.R.S.S.	2 100	10 200	94 000
S.U.A.	505	3 000	64 000
Canada	218	13 100	22 000
Franța	76	1 700	137 000
R.F.G.	25	500	101 000
Japonia	103	1 100	276 000
Norvegia	105	29 900	324 000
Italia	55	1 100	183 000
Austria	40	5 700	475 000
Elveția	32	6 300	780 000
Suedia	80	10 800	178 000

2. Gradul de utilizare actual a resurselor hidroenergetice ale U.R.S.S.

Utilizarea uriașelor resurse hidroenergetice ale U.R.S.S. a început practic după Marea Revoluție din Octombrie. În 1913, din puterea totală de 1 098 MW a tuturor centralelor electrice a Rusiei țariste, puterea hidrocentralelor era de 16 MW.

În planul GOELRO s-a prevăzut, după indicațiile lui Lenin, un program vast pentru acea perioadă, de construire de centrale hidroelectrice. În 15 ani, trebuiau să se construiască 10 uzine hidroelectrice cu o putere instalată totală de 640 MW. Totodată în planul GOELRO se formulau principiile celei mai raționale folosiri a energiei apelor, aplicate în toate etapele următoare:

a) realizarea amenajărilor celor mai economice, care prezintă condițiile optime naturale și de construcție;

b) folosirea complexă a cursurilor de apă pentru mai multe folosințe (energetică, navigație, irigații etc.);

c) regularizarea cît mai avansată a debitelor în vederea acoperirii în cele mai bune condiții a curbelor de sarcină și uniformizarea debitelor rîului;

d) realizarea de amenajări cu căderi mari;

e) funcționarea în paralel a centralelor termo- și hidroelectrice în cadrul sistemelor energetice.

În cadrul planului GOELRO și în etapele următoare, în paralel cu începerea utilizării resurselor rîurilor Volhov și Nipru, s-a trecut la construirea de UHE în Carelia, peninsula Kola, Caucaz, Asia centrală și Altai, regiuni deficitare în combustibil și mult rămase în urmă din punct de vedere energetic.

În perioadele următoare, a căpătat o mare importanță utilizarea resurselor hidroenergetice și în regiunile care, din cauza ritmului rapid de dezvoltare a consumului de energie electrică, trebuiau să transporte combustibilul de la distanțe mari, ca partea centrală a U.R.S.S., Uralul, regiunea Volga etc.

Ca rezultat al construirii de UHE în diferite regiuni ale țării, în anul 1928, producția de energie electrică a UHE a crescut de 10 ori față de 1917, la o creștere a producției totale de energie electrică de cca. 2,5 ori. În această perioadă s-au construit 6 UHE, dintre care Volhov (65 MW) și Zemo-Avcialsk (36,8 MW).

O dezvoltare și mai rapidă a hidroenergeticii a avut loc în perioada primelor planuri cincinale. La sfîrșitul anului 1940 producția UHE reprezenta 10,6% din producția totală de energie electrică. În această perioadă s-au construit și s-au dat în exploatare 33 UHE mari și mijlocii, dintre care Dneproghes (558 MW), Ivancov (30 MW) și Uglici (110 MW) pe Volga, Nijne-Svirsk (100 MW), precum și altele în Gruzia, Armenia, Uzbekistan etc.

În timpul războiului (1941—1945) s-a dezvoltat construirea de UHE în special în Asia centrală și în Ural, intrînd în funcțiune 280 MW în centrale noi. Pe măsura eliberării teritoriilor ocupate, s-au efectuat lucrări mari de refacere a uzinelor distruse.

Perioada postbelică se caracterizează printr-un ritm şi mai rapid de dezvoltare a hidroenergeticii. Dacă în tot intervalul de timp pînă în 1941 s-au dat în exploatare 1 580 MW în UHE,

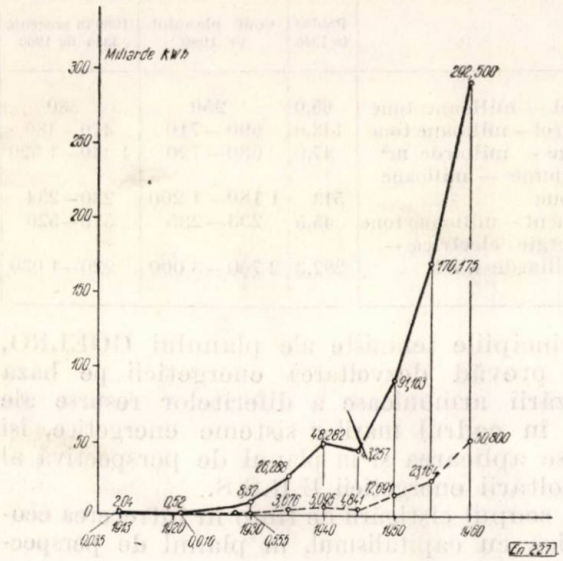


Fig. 1. Creşterea producţiei de energie electrică în U.R.S.S.

În anul 1960, gradul de utilizare al resurselor hidroenergetice pe întreg teritoriul U.R.S.S. a fost de 2,7%. Repartizarea pe regiuni economice este arătată în tabela 5.

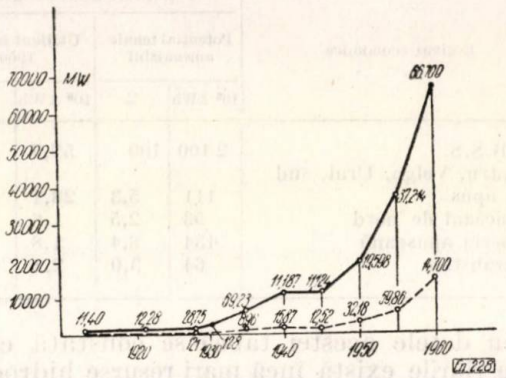


Fig. 2. Creşterea puterii instalaţiei în centralele electrice din U.R.S.S.

Se constată că gradul de utilizare al resurselor hidroenergetice este mai ridicat în partea europeană a U.R.S.S., unde a reprezentat în 1960 cca. 20% din potenţialul tehnic amenajabil. Pentru partea asiatică a U.R.S.S., gradul

Tabela 3

A n u l	1913	1928	1935	1940	1945	1955	1960
Total putere instalată (MW)	1 098	1 905	6 923	11 187	11 124	37 214	66 700
Putere instalată în UHE (MW)	16	121	896	1 587	1 252	5 986	14 700
Ponderea UHE ca putere (%)	1,46	6,35	12,9	14,2	11,2	16,1	22
Total producţie de energie electrică (GWh)	2 040	5 007	26 288	48 282	43 257	170 175	292 500
Producţia de energie electrică a UHE (GWh,	35	430	3 676	5 095	4 841	23 164	50 800
Ponderea UHE ca energie (%)	1,7	8,6	14	10,6	11,2	13,5	17,4

numai în cursul anului 1959 au intrat în funcţiune 1 750 MW, iar în 1960 peste 2 000 MW în UHE noi.

În această perioadă s-au continuat lucrările de amenajare a fluviilor Volga, Kama, Nipru, a rîurilor din Carelia, Caucaz şi s-a început construirea de UHE pe marile fluvii din Siberia (Angara, Irtîş, Obi, Ienisei etc.). Construirea UHE a avut un caracter complex, rezolvîndu-se pe lîngă producţia de energie electrică şi problema navigaţiei pe marile fluvii, irigarea a milioane de hectare din regiunile secetoase, creşterea producţiei piscicole ş.a.

Ca rezultat al creşterii ritmului de construire de UHE, ponderea producţiei lor a crescut, ajungînd în 1960 la 17,4% ca energie şi 22% ca putere.

În tabela 3 şi în diagramele 1 şi 2 se arată dinamica puterii şi energiei uzinelor hidroelectrice şi a puterii şi energiei totale instalate în această perioadă în U.R.S.S.

Ponderea energiei hidroelectrice în balanţa de energie electrică a diferitelor republici ale U.R.S.S., pe anul 1959, este arătată în tabela 4.

de utilizare a fost numai de 0,6%. În ţările capitaliste cele mai dezvoltate, gradul de utilizare a potenţialului tehnic amenajabil a fost în 1958 mai ridicat, fiind în S.U.A — 28%, Canada — 42%, Franţa — 43%, R.F.G. — 52%, Elveţia — 56%, Italia — 65%.

Tabela 4

Republica	Producţia de energie electrică (GWh)		Ponderea UHE (%)
	total	în UHE	
R.S.S.F. Rusă	178 900	30 100	16,7
R.S.S. Ucraineană	49 460	4 398	8,9
R.S.S. Kazahă	9 583	1 967	20,6
R.S.S. Azerbaidjan	6 110	1 814	29,7
R.S.S. Gruzină	3 151	1 782	56,6
R.S.S. Armeană	2 688	2 641	98,0
R.S.S. Letonă	1 486	331	22,2
R.S.S. Tadjică	1 151	952	82,6
R.S.S. Kirghiză	801	245	30,6

Pentru unele rîuri mai însemnate din U.R.S.S., în tabela 6 se indică posibilităţile de producere

de energie hidroelectrică, comparativ cu producția UHE în funcțiune și în construcție.

Tabela 5

Regiuni economice	Potențialul hidroenergetic			
	Potențial tehnic amenajabil		Utilizat în anul 1960	
	10^9 kWh	%	10^9 kWh	%
U.R.S.S.	2 100	100	57,7	2,7
Centru, Volga, Ural, sud și apus	111	5,3	28,1	25,2
Caucazul de nord	53	2,5	1,6	3,0
Siberia apuseană	134	6,4	1,8	1,3
Kazahstan	64	3,0	2,1	3,3

Din datele acestei tabele se constată că pe toate rîurile există încă mari resurse hidroenergetice neutilizate, precum și importante posibilități de amenajare pe afluenții lor, nu numai în Siberia și Kazahstan ci și în partea europeană a U.R.S.S.

Tabela 6

Denumirea rîului	Potențialul teoretic al rîului (fără afluenți) 10^9 kWh	Potențialul tehnic amenajabil 10^9 kWh	Producția de energ. electr. a UHE în funcție și în construcție	
			10^9 kWh	%
Partea europeană a U.R.S.S.				
— Volga	54	38	24	63
— Kama	16,1	7,9	4	51
— Nipru	14,5	9,8	7,1	72
— Nistru	5,0	3,0	0,2	7
— Visera	2,7	1,5	—	—
— Ciusovaia	1,4	1,0	—	—
Caucaz				
— Cuban	9,4	2,3	0,3	13
— Sulac	10,5	2,8	0,42	15
— Terec	10,7	4,1	0,34	8
Siberia occidentală				
— Obi	peste 50	49,4	1,76	4
— Irtîș	27,8	cca. 14	4,15	30
— Bia	8,8	5,3	—	—
Kazahstan				
— Ili	7,3	1,8	—	—

3. Rolul UHE în dezvoltarea energeticii U.R.S.S.

În urma hotărîrilor Congresului al XXII-lea al P.C.U.S., la sfîrșitul septenalului, producția de energie electrică va fi de peste 520 TWh.

Planul general de perspectivă prevede dezvoltarea cu un pas înainte a producției de energie electrică față de celelalte ramuri ale economiei naționale (tabela 7).

În 1970 producția anuală de energie electrică urmează să se ridice la 900—1 000 TWh, iar în 1980 la 2 700—3 000 TWh. Dacă în 1960 puterea tuturor centralelor electrice din U.R.S.S. totaliza 66,7 milioane kW, în 1970 ea va trebui ridicată la 190—220, iar în 1980 la 540—600 milioane kW.

Tabela 7

	Produs în 1960	Conf. planului pe 1980	1980 în procente față de 1960
Oțel — milioane tone	65,0	250	380
Petrol — milioane tone	148,0	690—710	470—480
Gaze — miliarde m^3	47,0	680—720	1 440—1 520
Cărbune — milioane tone	513	1 180—1 200	230—234
Ciment — milioane tone	45,5	233—235	510—520
Energie electrică — miliarde kWh	292,3	2 700—3 000	920—1 030

Principiile leniniste ale planului GOELRO, care prevăd dezvoltarea energeticii pe baza utilizării armonioase a diferitelor resurse ale țării în cadrul marilor sisteme energetice, își găsesc aplicarea și în planul de perspectivă al dezvoltării energeticii U.R.S.S.

În scopul cîștigării de timp în întrecerea economică cu capitalismul, în planul de perspectivă se prevede o mare dezvoltare a centralelor termoelectrice. Ponderea uzinelor hidroelectrice va fi de cca. 20—25%. În afară de rolul

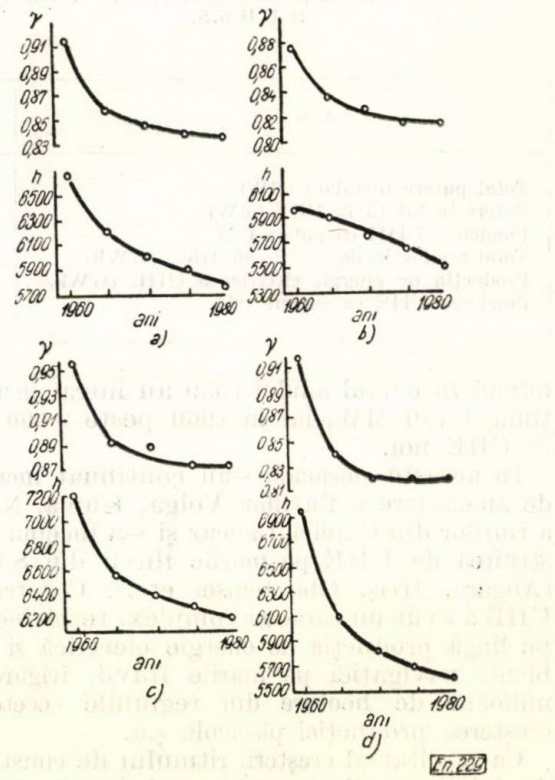


Fig. 3. Variația indicilor caracteristici ai consumului de energie electrică în perspectivă :
a) Sistemul energetic unic european al U.R.S.S.
b) Sistemul energetic Centru-Volga
c) Sistemul energetic Ural
d) Sistemul energetic Sud.
γ — coeficientul de uniformitate al curbei de sarcină zilnică;
h — durata de utilizare a puterii maxime anuale.

UHE ca surse importante de energie electrică, ele vor avea un rol deosebit de important în acoperirea zonei de vîrf a curbelor de sarcină şi ca rezervă de avarii.

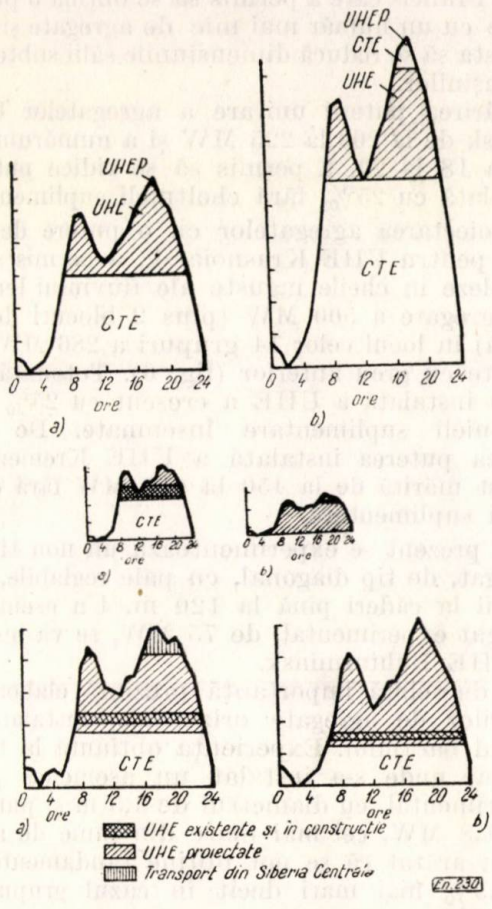


Fig. 4. Participarea UHE la acoperirea zonei de vîrf a curbelor de sarcină de iarnă (în anul secetos):
1 – Sistemul energetic unic european într-o perspectivă apropiată (*a*) şi îndepărtată (*b*)
2 – Sistemul energetic al Kazahstanului de NE (*a*) şi de Sud (*b*)
3 – Sistemul energetic al Siberiei apusene (*a*) şi Caucazului de Nord (*b*).

agricol, care vor conduce la mărirea zonei de vîrf a curbelor de sarcină. Pe de altă parte, la uniformizarea curbelor de sarcină va contribui creşterea consumului tehnologic de energie electrică, crearea sistemului energetic unic ş.a. Totuşi, pe ansamblu, se prevede o ascuţire a curbelor de sarcină, care se va reflecta în scăderea duratei de utilizare a puterii maxime anuale şi a coeficientului de uniformitate al curbelor de sarcină (fig. 3).

În figura 4 se indică modul de acoperire în perspectivă a curbelor de sarcină ale unor sisteme energetice actuale.

Construirea de UHE va fi legată de gospodărirea complexă a apelor, în vederea irigării a milioane de ha de teren secetos, îmbunătăţirii condiţiilor de navigaţie, creşterii producţiei piscicole etc.

4. Progrese în construirea uzinelor hidroelectrice

Pentru a putea face faţă ritmului de dezvoltare deosebit de rapid cerut energeticii, în U.R.S.S. s-au efectuat, în ultimii ani, ample lucrări în institutele de proiectare şi pe şantierele de construcţie pentru îmbunătăţirea radicală a tuturor componentelor uzinelor hidroelectrice, în vederea reducerii investiţiilor şi scurtării duratei de construcţie şi montaj.

În cele de mai jos, se vor arăta, în linii generale, tendinţele actuale în proiectarea şi construirea UHE, urmînd ca în partea a II-a să se analizeze aceste aspecte pentru amenajările mai importante executate sau în curs de execuţie.

Primele rezultate ale lucrărilor efectuate, în vederea reducerii investiţiilor şi scurtării duratei de execuţie, au arătat o îmbunătăţire simţitoare a indicilor tehnico-economici cu UHE care se realizează în cursul septenalului, în comparaţie cu indicii perioadelor anterioare (tabela 8).

Tabela 8

	U.M.	Perioada de construcţie			
		1938–1941	1946–1951	1952–1958	1959–1965
Puterea medie a UHE	MW	90	75	165	660
Puterea maximă a UHE	MW	330	600	2 300	5 000
Producţia medie de energ. electrică a unei UHE	GWh	200	300	800	3 000
Durata anuală de utilizare a puterii UHE	ore/an	3 100	4 000	4 800	4 500
Investiţia specifică pe 1 kW instalat	ruble/kW	3 960	3 400	3 400	1 600
Preţul de cost al energ. electrice	copeici/kWh	3,8	2,4	1,7	0,85
Volume specifice de lucrări (pe MWh)	m³/MWh				
– pămînt		–	–	11,0	3,1
– beton		–	–	0,48	0,33

În legătură cu aceasta, se prevede ca în viitor curbele de sarcină să se modifice simţitor în urma reducerii duratei zilei şi săptămînii de lucru, creşterii consumului casnic, comunal şi

Îmbunătăţirea indicilor economici ai UHE se datoreşte în special următorilor factori:

– Mutarea centrului de greutate al construirii de UHE în răsărit, unde există condiţii

naturale mai favorabile precum și construirea în primul rînd a amenajărilor celor mai economice.

— Mărirea puterii instalate a UHE și a puterii unitare a agregatelor.

— Utilizarea de noi tipuri superioare de construcții și folosirea maximă a resurselor locale de materiale.

— Creșterea rapidă a gradului de industrializare a construcțiilor, prin folosirea pe scară largă a elementelor prefabricate.

— Îmbunătățirea metodelor de construcție și montaj, utilizarea de noi mașini și mecanisme de mare productivitate, introducerea de materiale de construcție noi precum și automatizarea proceselor de producție.

Alegerea în vederea construcției a UHE celor mai economice a făcut ca indicii amenajărilor prevăzute a se realiza în viitor să se apropie de indicii CTE, după cum rezultă din tabela 9.

Tabela 9

Denumirea UHE și a rîului	Puterea instalată (MW)	Producția de energ. electrică (GWh)	Investiția specifică ruble/kW	Prețul de cost al energ. electrice cop/kWh
Krasnoiarsk—Ienisei	5 000	20 000	820	0,30
Ust-Ilimsk—Angara	4 000	21 800	875	0.40
Nurek—Vahș	2 700	11 860	695	0,30
Ciarvak—Circik	480	1 855	1 120	0,60
Pliavinsk—Dvina apuseană	600	1 400	945	1,20
Bratsk—Angara	4 500	22 600	1 400	0,40
Sulbinsk—Irtîș	1 200	2 400	800	0,40
Inguri—Inguri	1 630	5 280	1 290	0,80
Saiansk—Ienisei	5 000	22 100	763	0,30

După cum s-a arătat, una din principalele căi de reducere a indicilor economici o constituie mărirea puterii UHE și a puterilor unitare ale grupurilor (fig. 5). Astfel se remarcă tendința de a instala turbine Kaplan la căderi mai mari. La UHE Cir-Iurtsk, pe rîul Sulak, s-au instalat turbine Kaplan pentru o cădere de 43 m, ceea ce a permis reducerea numărului de agregate. La centrala de mare cădere Cirkeisk pe rîul Sulak s-a elaborat un tip de turbină Francis care a permis să se obțină o putere mare cu un număr mai mic de agregate și prin aceasta să se reducă dimensiunile sălii subterane a mașinilor.

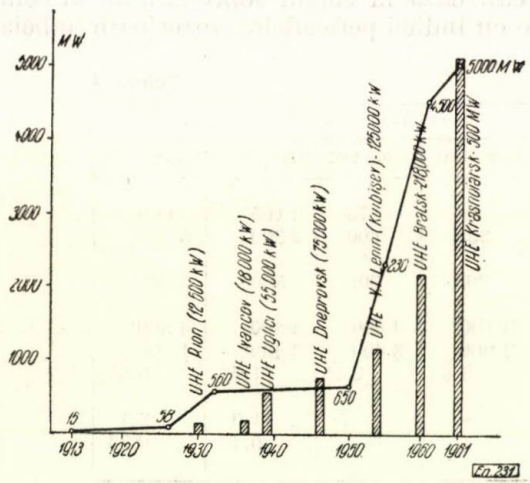


Fig. 5. Evoluția puterilor maxime a UHE și a puterii unitare a agregatelor.

Mărirea puterii unitare a agregatelor UHE Bratsk de la 200 la 225 MW și a numărului lor de la 18 la 20, a permis să se ridice puterea instalată cu 25%, fără cheltuieli suplimentare.

Proiectarea agregatelor cu o putere de 500 MW pentru UHE Krasnoiarsk, a permis să se instaleze în cheile înguste ale fluviului Ienisei, 10 agregate a 500 MW (plus 2 blocuri de rezervă) în locul celor 14 grupuri a 286 MW, instalate cu greu anterior (fig. 6). Totodată puterea instalată a UHE a crescut cu 25% fără cheltuieli suplimentare însemnate. De asemenea puterea instalată a UHE Kremenciug a fost mărită de la 450 la 625 MW fără cheltuieli suplimentare.

În prezent se experimentează un nou tip de agregat, de tip diagonal, cu pale reglabile, utilizabil la căderi pînă la 120 m. Un asemenea agregat experimental, de 75 MW, se va instala la UHE Buhtarminsk.

O deosebită importanță prezintă elaborarea tipurilor de agregate orizontale, instalate în corpul barajului. Experiența obținută la UHE Kama, unde s-a instalat un asemenea grup experimental, cu diametrul de 4,5 m și puterea de 21,8 MW, cel mai mare din lume de acest tip, a arătat că se pot obține randamente cu 1—1,5% mai mari decît în cazul grupurilor verticale.

Mărirea puterii instalate a UHE și a puterii unitare a agregatelor, permite o reducere substanțială a costului și a duratei de execuție a clădirii centralei. Astfel, lungimea clădirii centralei pe fiecare MW a scăzut la uzinele fluviale de la 2,3 m la UHE Volhov, la 0,7 m — UHE Rîbinsk, 0,5 m — UHE Kahovka, pentru centralele noi la 0,115 m — UHE Bratsk, 0,074 m — UHE Krasnoiarsk, iar pentru centralele subterane la 0,094 și 0,092 m — UHE Cirkeisk, respectiv Inguri.

În ceea ce privește nivelul tehnic, construcțiile hidrotehnice realizate în U.R.S.S. se găsesc la cel mai înalt nivel. Barajul de pămînt al UHE Mingheciaur, înalt de 80 m și avînd volumul de 16 milioane m³ și barajul în construcție al UHE Bratsk înalt de 126 m și cu un volum de beton de cca 4 milioane m³, se numără printre cele mai mari baraje din lume.

În ultimul timp se adoptă soluția de a se construi clădirea centralei cu instalații de descărcare a apelor mari, ceea ce permite o reducere simțitoare a lungimii barajelor deversoare. La UHE Kuibîșev, lungimea barajului

deversor s-a redus cu 35%, la UHE Uci-Kurganskoi cu 67%, iar la UHE Irkutsk, Kama, Pavlov ș.a. a fost posibil să nu se construiască baraje deversoare.

De asemenea se constată tendința de a se ridica la maximum debitele specifice pe deversor. Aceasta a permis, la UHE Kremenciug, reducerea numărului deschiderilor deversoare de la 15 la 10.

Succesele obținute în tehnica lucrărilor de pământ au arătat că în unele cazuri este rațional și economic să se renunțe la consolidarea digurilor de pământ, și să se aleagă taluze mai line.

În prezent se remarcă tendința de a concentra pe un singur mal lucrările de beton : clădirea centralei, barajul deversor și ecluza, ceea ce permite reducerea volumelor de lucrări de bază și multe avantaje în organizarea de șantier. Pe acest sistem s-au construit amenajările „Congresul al XXII-lea" de pe Volga, Dneprodzerjinsk, Botkinsk, Saratov ș.a. Această soluție a permis la UHE „Congresul al XXII-lea" să se realizeze economii de 200 milioane ruble în comparație cu UHE Kuibîșev.

La UHE Kremenciug s-a construit pentru prima oară în U.R.S.S., clădirea centralei cu sala mașinilor coborîtă, ceea ce a redus costul și durata de execuție. Cu sala mașinilor deschisă se construiește UHE Dneprodzerjinsk.

În domeniul barajelor înalte, pentru care nu s-au găsit încă soluții sigure din elemente prefabricate, se caută să se realizeze tipuri cu volum de beton redus. Astfel, s-a construit primul baraj în arc, înalt de 70 m și având lățimea maximă de 7,6 m la UHE Ladjanuri, cu un volum de beton de 25 000 m³, ceea ce a redus costul amenajării cu 23%.

Barajul de beton de greutate al UHE Krasnoiarsk a fost înlocuit cu un baraj de tip evidat, ceea ce a redus volumul de beton de la 5,6 la 4 milioane m³, adică cu 29% (fig. 7).

Pentru o serie de amenajări hidroelectrice a căror execuție a început în 1961, s-a stabilit de asemenea realizarea de baraje în arc. Astfel, la UHE Cirkeisk, barajul în arc va avea înălțimea de 230 m, iar la UHE Inguri, cca 300 m. Se remarcă de asemenea tendința de a utiliza

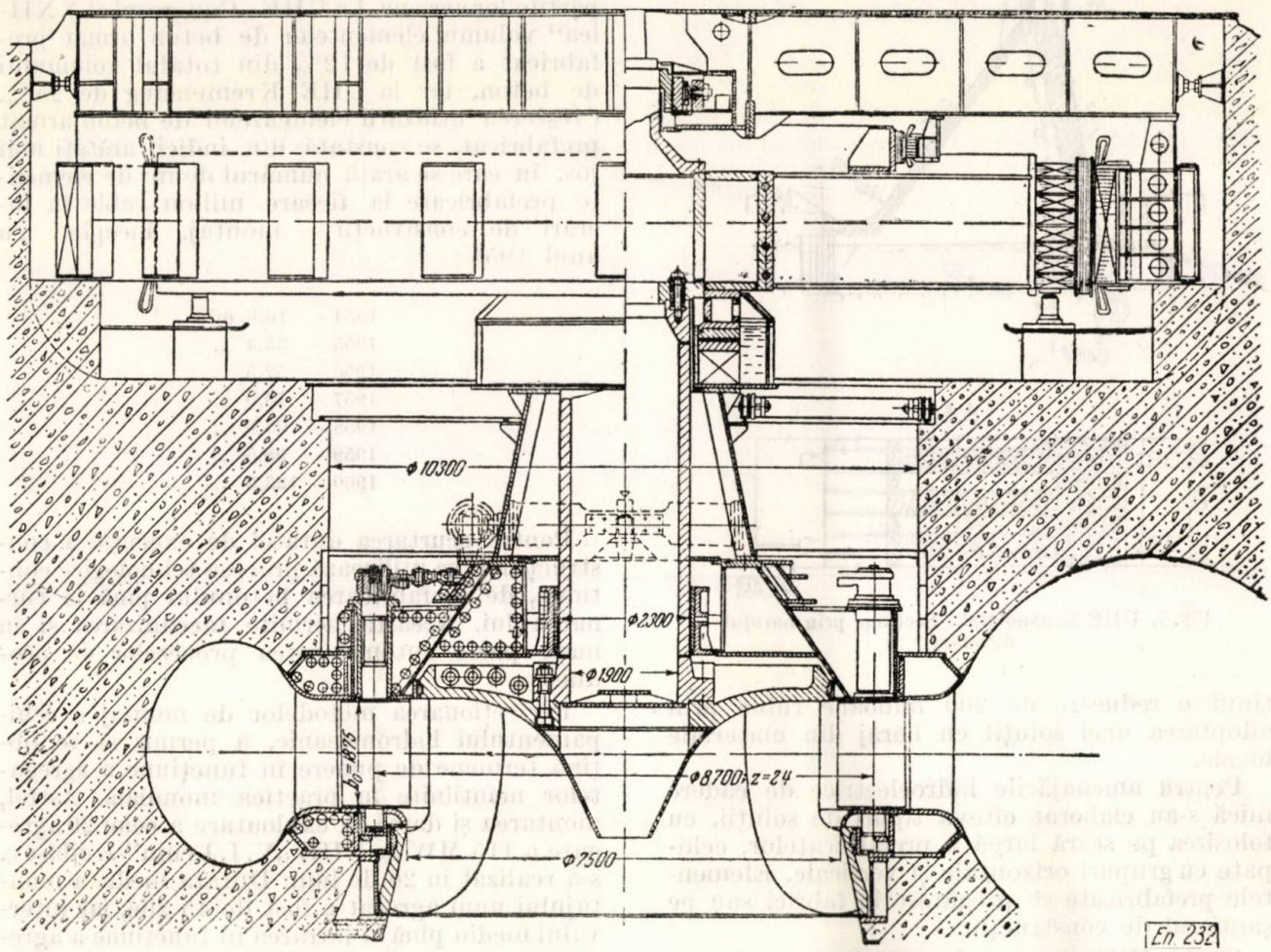


Fig. 6. Turbina UHE Krasnoiarsk, $P = 508$ MW; $H = 98$ m; $D = 7{,}5$ m.

baraje din materiale locale, chiar în văi înguste, în locul barajelor în arc (UHE Nurec etc.). Asemenea soluții nu scumpesc costul amenajărilor, iar în cazul văilor largi conduc la economii sensibile. Astfel la UHE Zeisk s-a ob-

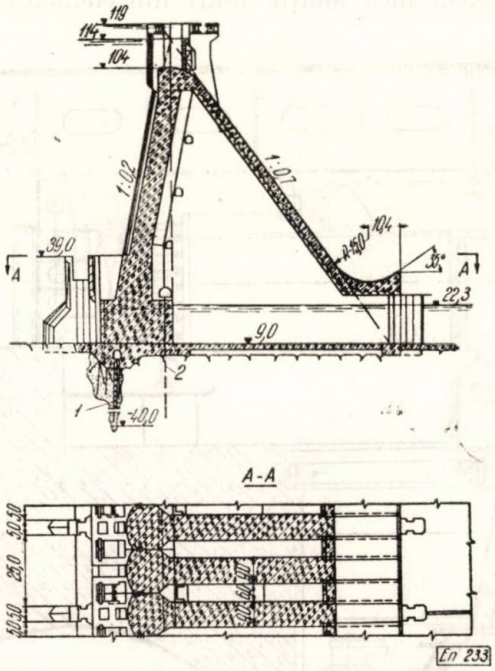


Fig. 7. UHE Krasnoiarsk. Secțiune prin barajul deversor.

ținut o reducere de 200 milioane ruble prin adoptarea unei soluții cu baraj din materiale locale.

Pentru amenajările hidroelectrice de cădere mică s-au elaborat cîteva tipuri de soluții, cu folosirea pe scară largă a prefabricatelor, echipate cu grupuri orizontale și verticale. Elementele prefabricate se pregătesc în fabrici sau pe șantierul de construcție.

Pentru UHE Saratov de pe Volga, s-a adoptat un grad foarte ridicat de folosire a elementelor prefabricate. Pentru reducerea numărului de tipuri de elemente prefabricate, s-au modificat unele soluții obișnuite ale clădirii centralei. Astfel, în locul camerei spirale de formă complicată, s-a adoptat o cameră spirală dreptunghiulară, iar în locul aspiratorului cotit, unul conic, vertical. Aceasta a permis ca întreaga construcție să poată fi executată din 5 tipuri de prefabricate în 12 dimensiuni, în cantități de mii de bucăți. Greutatea cea mai mare a unui element prefabricat este de 70 tone. Elementele prefabricate se toarnă pe platforme de cale ferată și se transportă la locul construcției. Gradul de utilizare a elementelor prefabricate este cuprins între 65—80%, pentru diferite uvraje. În urma aplicării acestor soluții, investiția și durata de construcție au fost sensibil reduse.

Pentru UHE Sovet de pe rîul Neman, s-a adoptat experimental o soluție cu un grad avansat de prefabricare, prevăzută să se termine în 1,5—2 ani, în loc de 3—4 ani, termene obișnuite pentru UHE de această mărime.

De asemenea un grad din ce în ce mai avansat de prefabricare se prevede pentru centralele în construcție în U.R.S.S., în special în părțile lor aeriene. La UHE „Congresul al XXII-lea" volumul elementelor de beton armat prefabricat a fost de 12% din totalul volumului de beton, iar la UHE Kremenciug de 25%. Creșterea utilizării elementelor de beton armat prefabricat, se constată din indicii arătați mai jos, în care se arată numărul de m³ de elemente prefabricate la fiecare milion ruble în lucrări de construcții — montaj, începînd cu anul 1954 :

1954 —	16,8 m³
1955 —	35,4 „
1956 —	52,5 „
1957 —	70,0 „
1958 —	93,0 „
1959 —	98,5 „
1960 —	123,8 „

Pentru scurtarea duratei de execuție a construcțiilor, se utilizează procese tehnologice continue, de la fabricarea betonului pînă la turnarea lui. Aceasta permite mecanizarea și în mare parte automatizarea proceselor de producție.

Perfecționarea metodelor de montaj a echipamentului hidromecanic, a permis să se obțină termene de punere în funcțiune a agregatelor neîntîlnite în practica mondială. Astfel, montarea și darea în exploatare a celor 20 agregate a 115 MW la UHE „V.I.Lenin"-Kuibîșev, s-a realizat în 20 de luni. Durata medie a montajului unui agregat a fost de 45 zile, iar intervalul mediu pînă la intrarea în funcțiune a agregatelor, de 34 zile. La UHE Kremenciug montajul celor 12 agregate s-a realizat în 11 luni. Cele 21 agregate ale UHE „Congresul al XXII-lea" au fost montate în mai puțin de 2 ani.

Perfecționarea metodelor și mecanizarea operațiilor de montaj au redus costul montajului hidroagregatelor cu 20%.

În ultimii ani s-a dus o activitate susținută de revizuire a normelor tehnice, eliminîndu-se o serie întreagă de coeficienți de siguranță nejustificați.

În urma aplicării tuturor acestor măsuri și revizuirii proiectelor a 30 UHE în construcție și prevăzute a se executa în cadrul septenalului, costul global al construcției lor a fost redus cu 13,2 miliarde ruble, ceea ce reprezintă cca 20% din investiția totală, iar volumul de beton a fost micșorat cu cca 7 milioane m³.

5. Concluzii

Au trecut mai mult de 40 de ani de la primul plan de electrificare al U.R.S.S., planul GOELRO. În toți acești ani, Partidul Comunist al Uniunii Sovietice a aplicat consecvent ideile nemuritoare ale lui Lenin asupra electrificării întregii țări. Succesele dobîndite în acești ani au situat U.R.S.S. pe primul loc în lume în domeniul construcției de uzine hidroelectrice. Soluțiile tehnice noi și îndrăznețe adoptate în special în ultimii ani, au arătat că uzinele hidroelectrice pot fi construite mai ieftin și mai repede. În prezent se continuă lucrările pentru reducerea costului și a duratei de execuție a lucrărilor. Există posibilități pentru a se executa UHE pînă la 1 000 MW în 4 ani, iar cele de putere mai mare în 5 ani.

Succesele obținute pînă în prezent sînt o garanție că sarcinile mărețe trasate de Congresul al XXII-lea al P.C.U.S. în domeniul electrificării întregii țări vor fi realizate cu succes.

Bibliografie

[1] *Energhetica CCCP* — sub redacția lui I. T. Novicov· GEI — 1961.

[2] Oznobin, N. M. — *Electrificația CCCP za 40 let.* — 1958.

[3] Trudî Gidroproecta — nr. 6, 1961.

[4] Jimerin, D. G. — *Razvitie energhetiki CCCP*, GEI — 1960.

Determinarea momentului GD^2 la grupuri turbogeneratoare prin metoda separării pierderilor la mers în gol

CĂLIN MIHĂILEANU și *IOSIF CSERVENY* * — București

1. Introducere

În prezent, la centralele termoelectrice din țară se pune problema determinării momentului GD^2 la toate turboagregatele în vederea stabilirii constantelor de timp și funcțiilor de transfer necesare în problemele de reglare automată a frecvenței.

La majoritatea generatoarelor și turbinelor de construcție mai veche nu se cunosc toate datele constructive. Pe de altă parte, în timpul exploatării lor s-a efectuat o serie de reparații care fac ca valorile GD^2 indicate în documentațiile fabricilor constructoare să nu mai corespundă cu realitatea și din această cauză este necesar ca momentul GD^2 să fie determinat din nou pe cale experimentală.

Numai la turboagregatele relativ noi, la care încă nu s-au făcut reparații importante, se poate renunța la determinarea experimentală a momentului GD^2 și se pot lua valorile indicate în documentații, valori ce pot fi folosite mai departe în calculele privind reglarea frecvență-putere.

În cadrul articolului se expun principiile care stau la baza metodologiei de determinare a momentului GD^2 la turboagregate prin metoda ridicării curbei de autofrînare și a separării pierderilor la mers în gol și se descriu toate operațiunile necesare să fie efectuate în mod practic. De asemenea se arată metoda de prelucrare a datelor experimentale. Metoda a fost aplicată demonstrativ la un prim grup dintr-o centrală termoelectrică a sistemului energetic și a dat rezultate bune.

2. Deducerea relațiilor necesare pentru determinarea lui GD^2

În cele ce urmează se determină formula lui GD^2, unde G este greutatea totală a maselor în rotație (generator, excitatrice, turbină) exprimată în kgf și D este dublul razei de girație al acestor mase, exprimat în m, folosind curba de autofrînare a agregatului și separarea pierderilor prin funcționare în regim de motor sincron în gol.

Pe considerații teoretice s-a stabilit relația lui GD^2 în funcție de elementele grupului.

Între turația agregatului (exprimată în rot/min) și viteza unghiulară ω (exprimată în rad/s) există relația :

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \qquad (2.1)$$

Se cunoaște că în timpul autofrînării unui agregat, în timpul opririi acestuia după suprimarea cuplului de antrenare, în fiecare moment suma pierderilor mecanice (prin frecare) este egală cu scăderea în timp a energiei cinetice.

În funcție de momentul de inerție axial J al maselor în rotație, energia cinetică a acestora este dată de relația

$$W_c = \frac{1}{2} \cdot \omega^2 \cdot J, \qquad (2.2)$$

în care W_c se exprimă în kgfm, iar J se exprimă în kgfms^2.

* Conf. ing. *C. Mihăileanu* este șef de serviciu și ing. *I. Cserveny*, inginer la Întreprinderea pentru Raționalizarea și Modernizarea Instalațiilor Energetice (IRME)-București.

Ca urmare pierderile mecanice prin frecare P_M sînt date de relația:

$$P_M = \frac{dW_c}{dt} = J \cdot \omega \cdot \frac{d\omega}{dt} \qquad (2.3)$$

în care P_M se exprimă în kgfm/s.

Din relațiile (2.1) și (2.3), se poate scrie

$$P_M = \left(\frac{2\pi}{60}\right)^2 \cdot J \cdot n \cdot \frac{dn}{dt} \qquad (2.4)$$

Pentru a pune în evidență GD^2 se ține cont de relația dintre J și GD^2

$$J = \frac{GD^2}{4g} \qquad (2.5)$$

unde g este accelerația gravității, care se consideră 9,81 m/s².

Dacă se înlocuiește (2.5) în (2.4) rezultă:

$$GD^2 = \frac{3\,600}{\pi^2} \cdot g \cdot \frac{P_M}{n\frac{dn}{dt}} \qquad (2.6)$$

Se observă că $n \cdot \frac{dn}{dt}$ este surbnormala curbei de autofrînare (fig. 1).

Subnormala trebuie construită în punctul corespunzător frecvenței de 50 Hz respectiv $n = 3\,000$ rot/min (pentru generatoare sincrone avînd rotorul cu 2 poli) pentru a putea determina pierderile mecanice la aceeași turație nominală de funcționare.

Trebuie subliniat că în relația (2.6), n se exprimă în rot/min și dn/dt în rot/min .s.

Înlocuind valoarea lui g rezultă formula finală a lui GD^2

$$GD^2 = 3\,580 \cdot \frac{P_M}{\Delta t} \qquad (2.7)$$

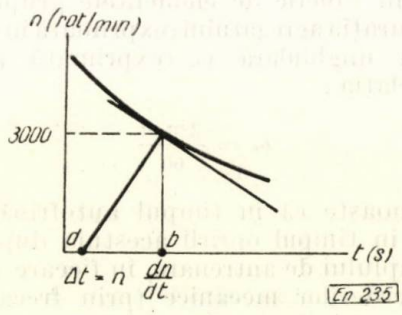


Fig. 1. Construirea subnormalei curbei de autofrînare.

în care

$$\Delta t = n \cdot \frac{dn}{dt} \qquad (2.8)$$

Pentru ca GD^2 să rezulte în kgfm², P_M trebuie să se exprime în kgfm/s (1 W = 0,102 kgfm/s), iar subnormala Δt în rot²/min².s măsurată în mm pe scara absciselor din fig. 1 (coeficientul 3 580 este exprimat în m/min²).

Pentru ca subnormala Δt măsurată în mm să fie exprimată în rot²/min².s, se procedează în modul următor [1]:

Dacă în fig. 1 turația se exprimă în ordonată la scara

$$1 \text{ mm} = r \text{ [rot/min]} \qquad (2.9)$$

iar timpul se exprimă în abscisă la scara

$$1 \text{ mm} = s \text{ [secunde]} \qquad (2.10)$$

subnormala va avea valoarea (ținînd cont de (2.8))

$$\Delta t = \overline{ab} \cdot \frac{r^2}{s} \text{ (rot²/min²·s)} \qquad (2.11)$$

unde $\overline{ab}$ este lungimea subnormalei măsurate în mm pe fig. 1.

Această valoare trebuie introdusă în formula (2.7).

Din expresia formulei (2.7) rezultă că pentru determinarea lui GD^2 sînt necesare două probe distincte:

— măsurarea pierderilor totale în regim de motor sincron și separarea din aceste pierderi a pierderilor mecanice prin frecare;

— ridicarea curbei de autofrînare cu scopul determinării subnormalei la punctul de funcționare cu turația nominală.

3. Măsurarea pierderilor totale în regim de motor sincron și separarea pierderilor mecanice

Din pierderile totale măsurate în regim de motor sincron pe cale electrică, trebuie separate pierderile mecanice. Pentru a vedea cum se pot separa pierderile mecanice trebuie să se cerceteze modul de variație a diferitelor categorii de pierderi din motoarele sincrone în funcție de variația tensiunii de alimentare.

La motoarele sincrone pierderile totale se împart în următoarele categorii [4]:

A. *Pierderi mecanice* (P_M)

a) Pierderi în lagăre

Pierderile prin frecare în lagăre nu depind de încărcarea mașinii și de tensiunea de alimentare. La orice valoare a sarcinii pierderile sînt aceleași ca la mers în gol. Această observație este foarte importantă pentru metoda descrisă.

b) Pierderi prin frecarea periilor

Aceste pierderi sînt proporționale cu viteza la periferia colectorului.

c) Pierderi prin ventilație

Aceste pierderi sînt proporționale cu puterea a treia a vitezei periferice a motorului.

Avînd în vedere că pierderile în lagăre sînt mult mai mari decît pierderile prin frecarea periilor şi prin ventilaţie, rezultă că se poate admite că P_M nu depinde de încărcarea maşinii şi de tensiunea de alimentare.

B. *Pierderi în fier* (P_F)

a) **Pierderi prin histerezis** (P_H)
b) **Pierderi prin curenţi Foucault** (P_f)

Pierderile histerezis sînt proporţionale cu inducţia magnetică B la o putere a ($a = 1{,}8$ la turbogeneratoare), iar cele prin curenţi Foucault cu patratul inducţiei magnetice. Aşa dar, pierderile în fier cresc aproximativ patratic cu tensiunea de alimentare, la tensiunea nulă fiind şi ele nule.

C. *Pierderi în cupru* (P_{Cu})

a) **pierderi în cuprul indusului**
b) **pierderi în circuitul de excitaţie**
c) **pierderi de contact la perii**

Pierderile în cupru depinzînd de curentul statoric şi de cel de excitaţie, depind şi ele de tensiunea de alimentare, la tensiune nulă evident nu există pierderi în cupru.

D. *Pierderi suplimentare* (P_s)

Aceste pierderi se datoresc reacţiei indusului şi fluxului de scăpări din stator. Se admite că pierderile suplimentare variază proporţional cu patratul curentului, deci depind şi ele de tensiunea de alimentare, fiind de asemenea nule cînd tensiunea de alimentare devine nulă.

În baza celor expuse mai sus, se poate trage concluzia că pierderile în motorul sincron depind de tensiunea de alimentare cu excepţia pierderilor mecanice care sînt constante. Pe această observaţie se bazează metoda separării pierderilor.

În rezolvarea problemei se disting două cazuri:

C a z u l 1 — cînd nu există un generator auxiliar pentru efectuarea probelor.

În cazul cînd centrala dispune de un singur turboagregat, sau în cazul cînd celelalte turboagregate nu pot fi folosite pentru efectuarea probelor, deoarece trebuie cuplate permanent la bara de alimentare a consumatorilor, proba de separare a pierderilor nu se poate efectua. În acest caz se măsoară pierderile totale în regim de motor sincron şi se admite că pierderile mecanice reprezintă 45—65% din pierderile totale. Este necesar să se execute următoarele operaţiuni:

a) Se închide treptat ventilul de admisie a turbinei, descărcînd încet turboagregatul la care se măsoară GD^2. Astfel generatorul trece în regim de motor sincron alimentat de la reţea.

b) Concomitent se desexcită generatorul astfel ca în regim de motor sincron să se realizeze factorul de putere 1 sau cît mai apropiat de 1.

c) Se măsoară electric puterea activă P_T consumată care reprezintă pierderile totale.

Măsurătoarea se face după ce s-a verificat că turaţia este de 3 000 rot/min.

C a z u l 2 — Cînd există un al doilea turboagregat care poate fi pus la dispoziţie pentru probe.

În acest caz se efectuează proba completă efectuînd următoarele operaţiuni:

a. se cuplează generatorul de studiat cu un alt generator pe aceleaşi bare, izolat de restul centralei şi sistemului. Cel de al doilea generator poate fi de putere mult mai mică decît primul la care se măsoară GD^2, deoarece puterea absorbită în regim de motor sincron nu depăşeşte 4—5% din puterea nominală.

b. modificînd excitaţiile celor două generatoare se variază tensiunea pe bare şi se trasează următoarele curbe:

— pierderile totale în funcţie de tensiunea de alimentare: $P = f(U)$,

— curentul de mers în gol în funcţie de tensiune: $I_0 = f(U)$.

În afara probei propriu-zise de încercare a maşinii în gol este necesar să se măsoare rezistenţa R a statorului între două borne ale înfăşurării. Măsurătoarea se face în curent continuu la temperatura de regim sau la rece făcînd însă corecţia respectivă de temperatură.

Se recomandă ca măsurarea rezistenţei R să se facă după ridicarea curbei de autofrînare deoarece maşina fiind încălzită nu mai este necesară corecţia de temperatură.

În funcţie de curentul de mers în gol pierderile în cupru vor fi

$$P_{Cu} = 1{,}5\, RI_0^2 + P_{ex} \qquad (3.1)$$

unde P_{ex} reprezintă pierderile în cuprul din rotor.

Conform acestei relaţii se calculează punct cu punct curba de dependenţă a pierderilor în cupru în funcţie de tensiune şi se scad aceste pierderi din pierderile totale, trasînd curba întreruptă din fig. 2.

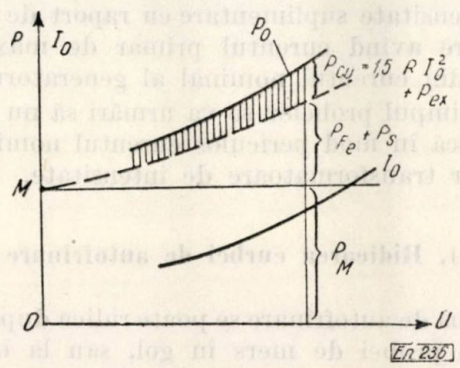


Fig. 2. Separarea pierderilor din proba de mers în gol.

Prin extrapolarea curbei întrerupte pînă la $U = 0$ se obține un punct M. Segmentul OM măsurat la scara puterilor reprezintă pierderile mecanice prin frecare deoarece celelalte pierderi se anulează.

$$\overline{OM} = P_M \text{ [kW]}. \qquad (3.2)$$

Pierderile P_M se pot introduce în formula (2.7) după ce în prealabil au fost transformate în kgfm/s.

În vederea efectuării probei de mers în gol trebuie să se țină seama de următoarele observații:

a) Temperatura de buraj la turbină nu trebuie să depășească în nici un caz valoarea atinsă la funcționarea uzuală în timpul probelor de gol. Pentru a respecta acest lucru este necesar ca durata de funcționare în regim de motor sincron să nu depășească 3—5 minute.

b) Protecția direcțională de întoarcere de putere (în cazul cînd există) trebuie scoasă din funcțiune sau desensibilizată pe tot timpul probei, pentru a nu comanda declanșarea întreruptorului în momentul trecerii în regim de motor sincron.

c) Pentru măsurarea pierderilor totale nu se pot folosi transformatoarele de intensitate din celula generatorului deoarece eroarea lor de măsură este mare în condițiile unui curent de ordinul 0,02—0,05 din curentul nominal al generatorului. Trebuie montate transformatoare de intensitate suplimentare cu raport de transformare avînd curentul primar de maximum 20% din curentul nominal al generatorului.

În timpul probelor se va urmări să nu se depășească în mod periculos curentul nominal al acestor transformatoare de intensitate.

4. Ridicarea curbei de autofrînare

Curba de autofrînare se poate ridica după efectuarea probei de mers în gol, sau la oprirea obișnuită a turboagregatului.

Se execută următoarele operațiuni:

a) Se deconectează simultan întreruptorul principal al generatorului și întreruptorul de cîmp.

b) Generatorul fiind izolat de rețea se mărește turația pînă la o turație suprasincronă de 3 250—3 300 rot/min (sau pînă la turația maximă admisă de regulatorul de turație, astfel ca să nu declanșeze releul de supraturație) după care se închide complet ventilul de admisie.

c) Se trasează curba de autofrînare $n = f(t)$ cu ajutorul unui tahometru sau unui frecvențmetru cu lamele așezat pe carcasa generatorului sau turbinei într-o poziție convenabilă.

Se notează turația sau frecvența din 10 în 10 s, sau din 15 în 15 s, în intervalul 3 300—2 700 rot/min, după care intervalele de timp pot fi mărite.

d) Se construește subnormala $\overline{ab}$ în punctul $n = 3\,000$ rot/min. Rezultatul se introduce în formula (2.7) după ce în prealabil s-a ținut cont de scara folosită în trasarea diagramei.

5. Probă practică efectuată pentru verificarea metodei

Metoda expusă la capitolele precedente a fost verificată practic într-o centrală din sistem unde s-a determinat valoarea momentului GD^2 la un grup turbogenerator de 15,6 MVA; 5,6 kV; $\cos \varphi = 0{,}8$.

S-a folosit ca generator auxiliar un turboagregat de 5 MVA; 5,5 kV; $\cos \varphi = 0{,}8$.

La proba de mers în gol s-au obținut rezultatele din tabela 1.

Tabela 1

Rezultatele probei de mers în gol la un grup turbogenerator de 15,6 MVA

Nr. măsurare	Tensiunea pe bare (V)	Puterea activă totală P_T (kW)	Curent de mers în gol I_0 (A)	Pierderi active în stator $1{,}5\,RI_0^2$ (kW)	Excitația			Pierderi totale în cupru (kW)	$P_T - P_{Cu}$ (kW)
					U_{ex} (V)	I_{ex} (A)	P_{ex} (kW)		
1	5 360	492	175	0,414	25	118	2,95	3,364	488,636
2	5 100	474	175	0,414	25	99	2,45	2,894	471,106
3	3 980	444	175	0,414	20	78	1,56	1,974	442,026
4	3 280	420	150	0,303	19,5	30	0,775	1,078	418,922

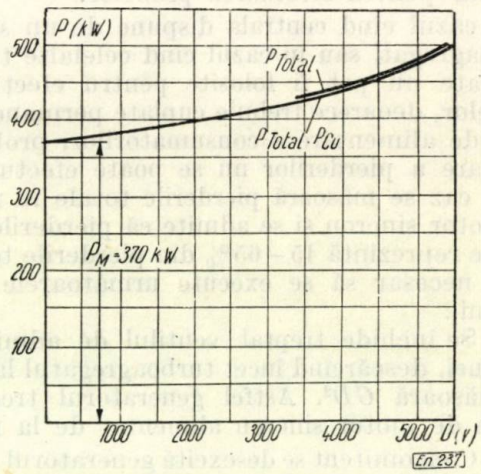


Fig. 3. Rezultatele probei de separare a pierderilor.

Cu ajutorul pierderilor totale P_T din care s-au scăzut pierderile totale în cupru, s-a trasat curba de mers în gol din fig. 3, prin extrapo-

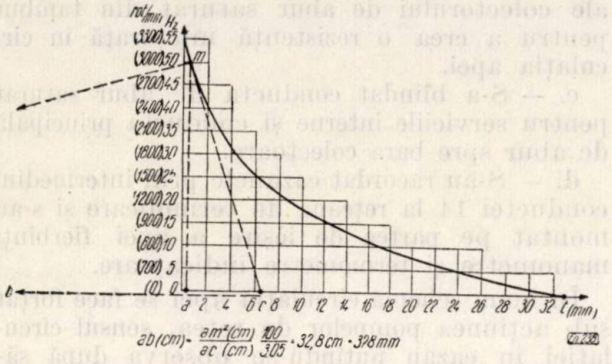


Fig. 4. Curba de autofrînare a grupului turbogenerator de 15,6 MVA studiat.

larea căreia se obţin pierderile mecanice $P_M = 370$ kW.

Cele două curbe sînt apropiate deoarece curentul de mers în gol fiind mic şi pierderile în curbe au rezultat ca neglijabile.

Din fig. 4 s-a calculat subnormala curbei de autofrînare $\overline{ab} = 328$ mm (punctul b iese din planul figurii).

Scara : turaţia — 1 mm = r [rot/min] r=30

timpul — 1 mm = s [secunde] s=12

$$\Delta t = \overline{ab} \cdot \frac{r^2}{s} = 24\,600 \text{ rot}^2/\text{min}^2 \cdot \text{s}$$

Pierderile mecanice fiind $P_M = 370$ kW = = 37 800 kgmf/s rezultă

$$GD^2 = 3\,580 \cdot \frac{P_M}{\Delta t} = 5\,500 \text{ kgfm}^2.$$

Deci $GD^2 = 5{,}5\ tm^2$ rezultat care este normal pentru un turboagregat de 15,6 MVA.

Bibliografie

1. R. Richter : *Maşini electrice vol.* II. Ed. Tehnică, 1959.
2. R. Richter : *Maşini electrice vol.* IV. Ed. Tehn. 1960.
3. C. Penescu : *Automatica şi telemecanica sistemelor energetice,* vol. I. Ed. Academiei R.P.R., 1959.
4. L. M. Piotrovschi : *Maşini electrice.* Ed. Energetică de Stat, 1953.

DIN EXPLOATARE

Adaptarea cazanelor mici de aburi din CTF—Timişoara pentru producerea de apă fierbinte

CONSTANTIN FULGA şi *MIRCEA MILOIA**-Timişoara

1. Introducere

Una din sarcinile trasate de Congresul al III-lea al P.M.R. este introducerea termoficării în principalele centre industriale şi urbane, prin instalarea de grupuri de termoficare care au randamente mult mai ridicate decît cele care funcţionează în regim de condensaţie.

Alimentarea cu căldură a consumatorilor industriali şi urbani din centralele de termoficare are drept scop economisirea de combustibil prin utilizarea pentru producerea căldurii a unor instalaţii care funcţionează în general cu randamente ridicate şi care pot folosi şi combustibil inferior.

2. Termoficarea oraşului Timişoara

Pentru termoficarea industrială şi urbană a oraşului Timişoara ISPE — Bucureşti a întocmit în cursul anului 1960—1961 studii şi proiecte privind instalaţiile şi reţelele de termoficare care urmează să se pună în funcţiune pe etape, în funcţie de necesităţile consumatorilor.

* C. Fulga şi M Miloia sînt ingineri la Întreprinderea regională de electricitate Banat.

În cazul construirii centralelor electrice de termoficare, devine necesar ca pînă la intrarea acestora în funcţiune să se asigure consumatorii noi de căldură, ca grupurile de termoficare să poată funcţiona la sarcini optime şi să livreze şi o cantitate cît mai însemnată de energie electrică. În general, în cazul consumatorilor este necesar să se creeze posibilitatea alimentării cu căldură, înaintea punerii în funcţiune a grupurilor de termoficare, prin mijloace puţin costisitoare şi sigure în exploatare.

Pentru iarna 1961/1962 a fost dat în folosinţă „Complexul Social Studenţesc" cu o capacitate de 1800 locuri. Cantitatea maximă orară de căldură necesară conform proectului este de 3,5 Gcal.

3. Caracteristicile cazanelor nemodificate

În scopul alimentării cu căldură a consumatorilor amintiţi, în cadrul întreprinderii s-a studiat posibilitatea transformării cazanelor B.W. nr. 4, 5 şi 6 de la funcţionarea ca generatoare de abur, la funcţionarea ca generatoare de apă fierbinte.

Caracteristicile acestor cazane sînt:

Tipul B.W. cu camere secţionale şi ţevi fierbătoare puţin înclinate.	
Suprafaţa de încălzire	190 m²
Suprafaţa supraîncălzitorului	46 m²
Debitul nominal de abur	2,8 t/h
Presiunea nominală	12 kgf/cm²
Temperatura aburului supraîncălzit	350° C
Diametrul tamburului	1370 mm
Lungimea tamburului	6950 mm

Cazanele sînt cu circulaţie naturală.

Schema de principiu a cazanelor este dată în fig. 1.

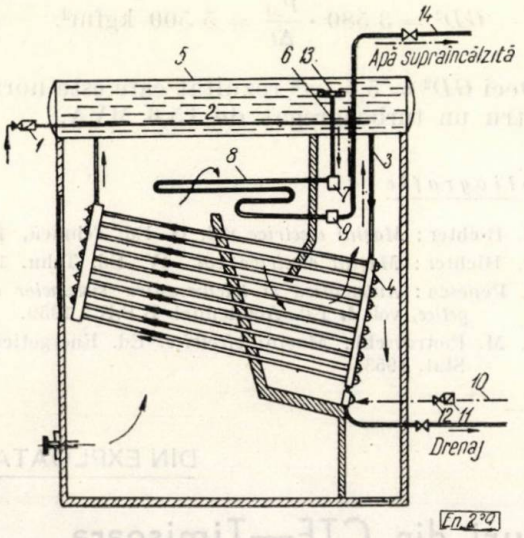


Fig. 1

Alimentarea cu apă a cazanelor se face prin capetele de alimentare *1*, montate în partea frontală a tamburului prin intermediul unei conducte *2*, care deversează apa în dreptul ţevilor descendente *3* a camerelor secţionale din spate *4*. Separarea aburului din apă se face în tamburul *5*, de unde aburul trece prin intermediul a două ţevi *6* în colectorul de abur saturat *7* a supraîncălzitorului *8*, parcurge elementele acestuia şi trece prin intermediul colectorului *9* la bara comună de 12 atm.

Cazanul utilizează drept combustibil păcura pulverizată mecanic, avînd un injector amplasat în partea frontală. Cazanul este prevăzut şi cu instalaţie pentru arderea gazului metan. Gazele ce se dezvoltă în urma arderii combustibilului parcurg în ordine, jumătatea din faţă a fascicolului de convecţie, supraîncălzitorul, jumătatea din spate a fascicolului convectiv, ţevile descendente, după care ies la coş prin efectul de tiraj natural.

4. Adaptarea cazanelor pentru producerea de apă fierbinte

În schema din fig. 1 se pot observa modificările aduse (liniile punctate) şi care costau din următoarele:

a. — Introducerea apei în cazane se face pe la colectorul camerelor secţionale din spate prin conducta 10, pe care s-a montat o clapetă de reţinere 11, un robinet de închidere 12 şi locaşurile pentru termometru şi manometru.

b. — S-au demontat capacele cu fante, 13, ale colectorului de abur saturat din tambur pentru a crea o rezistenţă micşorată în circulaţia apei.

c. — S-a blindat conducta de abur saturat pentru serviciile interne şi conducta principală de abur spre bara colectoare.

d. — S-au racordat cazanele prin intermediul conductei 14 la reţeaua de termoficare şi s-au montat pe partea de ieşire a apei fierbinţi manometre şi termometre indicatoare.

În noua schemă circulaţia apei se face forţat sub acţiunea pompelor de reţea, sensul circulaţiei în cazan putîndu-se observa după săgeţile punctate din fig. 1.

5. Racordarea cazanelor la reţeaua de termoficare

În schema din fig. 2 se arată modul de racordare a cazanelor la reţeaua de termoficare.

Apa din conducta de întoarcere a reţelei de termoficare trece prin separatorul de nămol *1* prevăzut cu un racord pentru drenare *2* şi ajunge în bara comună a pompelor de circulaţie, *3*. Din colectorul *3* apa este aspirată de pompele de reţea prin intermediul ventilelor *4* şi refulată prin clapeta de reţinere *5* şi ventilele *6* la capetele de alimentare *7* ale cazanelor *C4*, *C5*, *C6*, unde are loc procesul de încălzire. La ieşirea din cazane apa trece în conducta de ducere a reţelei de termoficare.

Pentru complectarea pierderilor de apă din reţea în vederea menţinerii constante a presiunii hidraulice se folosesc pompele de adaus *8*, care aspiră apa din degazori şi o refulează în colectorul *3* de aspiraţie a pompelor de circulaţie.

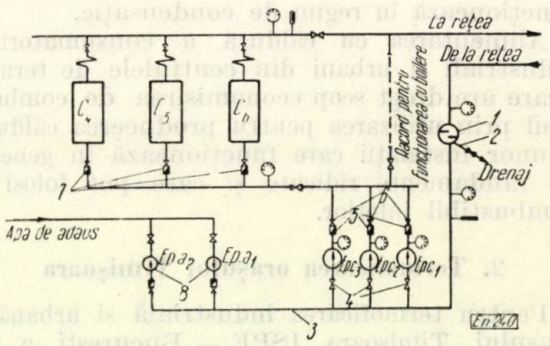


Fig. 2

6. Reglarea căldurii livrate consumatorilor

Reglarea temperaturii agentului de încălzire în funcţie de cantitatea de căldură necesară consumatorului se face prin reglarea cantităţii

de combustibil introdus în focarul cazanelor, iar cantitatea de căldură debitată în rețea se reglează în funcție de temperatura mediului ambiant exterior, conform graficului de reglaj calitativ din fig. 3 [3].

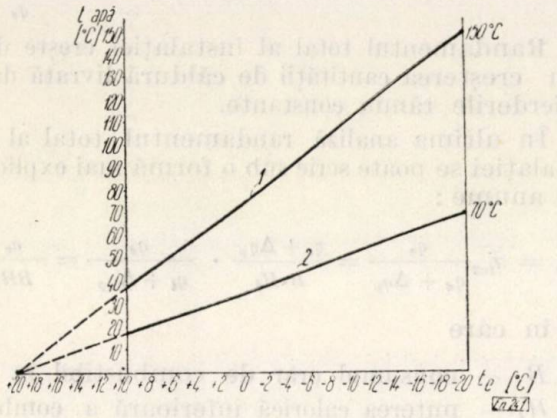


Fig. 3. Graficul de reglaj calitativ al temperaturii apei fierbinți, livrate la consumator.
1 – variația temperaturii pe conducta de ducere
2 – variația temperaturii pe conducta de întoarcere

Din graficul de reglaj se vede dependența căderii de temperatură la consumator Δt_c în funcție de temperatura mediului ambiant exterior; această cădere crește cu scăderea temperaturii exterioare și este maximă pentru $t_{ex} = -20°C$ ($\Delta t_c = 80°C$).

Conform proiectului cantitatea de căldură necesară consumatorului la $t_{ex} = -20°C$ este $q_c = 3,5$ Gcal/h.

Debitul de apă fierbinte pentru Complexul Social Studențesc este:

$$D_{apă} = \frac{q_c}{t_1 - t_2} \text{ t/h în care}$$

$t_1 = 150°C$ temperatura apei pe conducta de ducere la $t_{ex} = -20°C$.

$t_2 = 70°C$ temperatura apei pe conducta de întoarcere la $t_{ex} = -20°C$.

$$D_{apă} = \frac{3,5 \cdot 10^6}{150 - 70} = 43,8 \text{ t/h.}$$

Dacă se ia în considerare și căderea de temperatură pe rețea $\Delta t_p = 1°C/km$ se obțin:

$$D'_{apă} = \frac{Q_c}{t_1 - (t_2 + \Delta t_p \cdot l)} \text{ t/h,}$$

în care

$l = 2,25$ km lungimea rețelei de termoficare tur-retur,

$$D'_{apă} = \frac{3,5 \cdot 10^6}{150 - (70 + 1 \cdot 2,25)} = 45 \text{t/h.}$$

Cantitatea de căldură necesar a se livra din centrală este:

$$q_c = D'_{apă}\,(t_1 - t_2) = 45.10^3 (150 - 70) = 3,6 \text{ Gcal/h.}$$

Cantitatea de căldură disponibilă a unui cazan este de:

$$q_{cz} = D_{abur}\,(i''_i - t_w) \text{ Gcal/h,}$$

în care

$D_{abur} = 2,8$ t/h debitul nominal de abur al cazanului
$i''_i = 752$ kcal/kg entalpia aburului supraîncălzit la $p_n = 12$ atm și $t_n = 350°C$
$t_w = 40°C$ temperatura apei de alimentare
$q_{cz} = 2,8.10^3\,(752 - 40) = 1,995$ Gcal/h.

La această cantitate de căldură corespunde o încălzire de

$$\Delta t_e = \frac{q_{cz}}{D'_{apă}} = \frac{1,995 \cdot 10^6}{45 \cdot 10^3} = 44,4°C.$$

Din graficul de reglaj calitativ rezultă că funcționarea cu un singur cazan, poate acoperi cantitatea necesară de căldură a consumatorului pînă la o temperatură a mediului exterior de $t_e = -2,4°C$.

În mod analog se examinează felul cum se asigură cantitatea de căldură necesară consumatorului la funcționarea cu două cazane în paralel, de unde rezultă că se acoperă cantitatea necesară de căldură pînă la $t_e = 24°C$.

Din cele de mai sus se vede că în situația actuală, al 3-lea cazan constituie rezerva pentru acoperirea consumului de căldură noilor consumatori ce urmează să se racordeze.

În figura 4 este reprezentat debitul de căldură $q_e = f(t_e)$ prin curba 1 și căldura disponibilă q_{cz} funcție de temperatura mediului exterior și numărul de cazane în funcțiune (curba 2).

Din grafic rezultă temperatura mediului exterior la care este necesar să intre în funcțiune

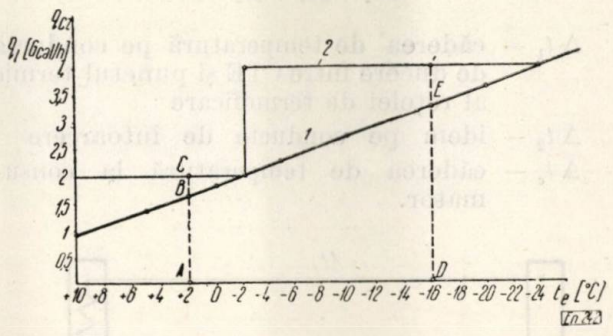


Fig. 4. $\overline{AB}$ = cantitatea de căldură necesară consumatorului; $\overline{AC}$ = cantitatea de căldură disponibilă din CET, la funcționarea cu un singur cazan; $\overline{BC}$ = rezerva de căldură, la funcționarea cu un singur cazan. În mod analog $\overline{DE}$, $\overline{DF}$, $\overline{EF}$, reprezintă cantitățile de căldură, la funcționarea cu două cazane.
Ex.: pentru $t_e = -8°C$; $q_e = 2,5$ Gcal/h; $q_{cz} = 3,99$ Gcal/h; $q_d = 1,49$ Gcal/h, fiind în funcțiune două cazane.

cazanele care se găsesc în rezervă. Deasemeni se poate determina cantitatea de căldură livrată în Gcal/h. la un moment dat și cantitatea

disponibilă în CTE, în funcție de temperatura mediului ambiant exterior. Graficul este foarte util personalului de exploatare pentru conducerea regimului de încălzire.

7. Rezultate obținute în exploatare

Comportarea în exploatare a cazanelor modificate precum și reglajul debitului de căldură livrat la probele efectuate au dat deplină satisfacție.

După punerea în funcțiune s-a efectuat o probă de randament la cazanul Nr. 4 obținîndu-se următoarele rezultate:

$q_i = 1{,}052$ Gcal — cantitatea de căldură introdusă în cazan prin combustibil, pe durata probei.

$T = 4$ ore — durata probei

$q_e = 0{,}767$ Gcal — cantitatea de căldură livrată pe durata probei.

$$q_{cz} = \frac{q_c}{q_i} = \frac{0{,}767}{1{,}052} = 0{,}729$$

Creșterea randamentului se explică prin îmbunătățirea condițiilor de schimb a căldurii în supraîncălzitor; creșterea vitezei fluidului interior și a diferenței de temperatură între gaze și fluid.

8. Randamentul livrării căldurii

Schema de principiu pentru calculul randamentului de livrare este arătată în fig. 5.

Randamentul livrării se poate scrie:

$$\eta l = \frac{\Delta t_c}{\Delta t_1 + \Delta t_c + \Delta t_2}$$ în care

Δt_1 — căderea de temperatură pe conducta de ducere între CTE și punctul termic al rețelei de termoficare

Δt_2 — idem pe conducta de întoarcere

Δt_c — căderea de temperatură la consumator.

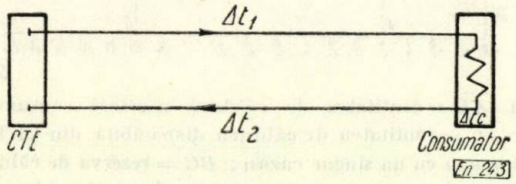


Fig 5

Dacă $\Delta t_1 + \Delta t_2 = \Delta t_p$ și dacă se înmulțește în relația randamentului de livrare cu debitul de apă, relația devine:

$$\eta_e = \frac{q_c}{\Delta q_p + q_c}$$

Randamentul total al instalației în care intervine și randamentul cazanului va fi:

$$\eta_t = \eta_{cz} \cdot \eta_e = \eta_{cz} \frac{q_e}{\Delta q_p + q_c} = \eta_{cz} \frac{1}{1 + \frac{\Delta q_p}{q_e}}$$

Randamentul total al instalației crește deci cu creșterea cantității de căldură livrată dacă pierderile rămîn constante.

În ultima analiză randamentul total al instalației se poate scrie sub o formă mai explicită și anume:

$$\eta_t = \eta_{cz} \frac{q_e}{q_e + \Delta q_p} = \frac{q_e + \Delta q_p}{B \cdot H_i} \cdot \frac{q_e}{q_l + \Delta q_p} = \frac{q_e}{BH_i}$$

în care

B — consumul orar de combustibil în kg

H_i — puterea calorică inferioară a combustibilului în Kcal/kg.

În exemplul de mai jos se arată valorile randamentului instalației de termoficare corespunzătoare unei temperaturi exterioare

$t_{ef} = -4°C$.

$\Delta t_1 = 1°C$

$\Delta t_2 = 0{,}5°C$

$D_{apă} = 45$ t/h.

t_1 = 90,5°C temperatura apei la plecare din CTE.

t_2 = 41,5°C temperatura apei la întoarcere în CTE.

t'_1 = 89,5° temperatura apei la intrare în punctul termic.

t'_2 = 42°C temperatura la ieșirea din punctul termic.

$\eta_{cz} = 0{,}729$.

$$\Delta Q_p = D_{apă} (\Delta t_1 + \Delta t_2) = 45.10^3 (1 + 0{,}5) = 0{,}0675 \text{ Gcal/h.}$$

$$Q_l = D_{apă} (t'_1 - t'_2) = 45.110^3 (89{,}5 - 42) = 2{,}14 \text{ Gcal/h.}$$

$$\eta_t = 0{,}729 \frac{1}{1 + \frac{0{,}0675}{2{,}14}} = 0{,}706.$$

9. Concluzii

Modificarea cazanelor B.W. pentru producerea de apă fierbinte este o soluție tranzitorie care asigură alimentarea cu căldură a consumatorilor pînă la intrarea în funcțiune a grupurilor de termoficare.

În același timp ea înlesnește posibilitatea asigurării unui consum de căldură mai ridicat la punerea în funcțiune a grupurilor de termoficare.

Efortul de investiții este minim, iar adaptarea se poate realiza ușor și într-un timp relativ scurt.

Comportarea cazanelor modificate dau deplină satisfacție în exploatare, iar regimul de funcționare este ușor de condus, datorită simplității instalației.

Randamentul cazanelor modificate a crescut față de funcționarea pentru producerea de abur, în medie cu 2—3%.

Cu ajutorul diagramelor se pot stabili ușor regimurile de exploatare a instalațiilor din centrală și de la consumator în funcție de temperatura mediului ambiant exterior.

Bibliografie

[1] Stăncescu, I. D. *Bazele tehnice și economice ale termoficării.* Editura Tehnică, 1961.

[2] Kopiev, S. F., *Alimentarea cu căldură.* Editura Tehnică, 1957.

[3] Melentiev, L. A. *Bazele tehnice ale construirii și exploatării sistemului de termoficare.* E.E.S., 1953.

RECENZII

În ajutorul celor care studiază și interpretează prescripțiile energetice. Prescripțiile pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică, cu tensiuni peste 1 000 V.

Capitolul III: Conductori

1. Pe liniile aeriene de energie electrică, cu tensiuni mai mari de 1 000 V se utilizează următoarele categorii de conductori:

a) conductori masivi: din cupru, bronz sau oțel;

b) conductori-funie: din cupru sau aliaje de cupru (bronz), din aluminiu sau aliaje de aluminiu, (aludur sau aldrei), din oțel, sau în fine conductori-funie din inimă de oțel cu manta din fire de aluminiu (oțel-aluminiu) sau din aliaje de aluminiu, sau eventual cu manta din fire de cupru (oțel-cupru). Conductorii utilizați în marea majoritate a cazurilor pe liniile aeriene cu tensiuni mai mari ca 1 000 V sînt funiile din oțel-aluminiu, cu secțiuni cuprinse între 16 și 450 mm² secțiune de aluminiu.

Conductorii de cupru sînt utilizați numai în cazuri speciale, în zone cu gaze corosive, sau în apropierea litoralului mării, pe o zonă de circa 2 km adîncime, atmosfera salină din această zonă provocînd coroziuni ale conductorilor de aluminiu.

Conductorii de oțel sînt rezervați pentru rețelele de electrificări rurale, pe linii de 6—15 kV.

Pentru conductorii masivi se stabilesc următoarele diametre sau secțiuni maxime:

— conductori de oțel 6 mm Ø;
— conductori din cupru sau bronz 16 mm²

Nu se admite utilizarea, pe linii aeriene de energie electrică, la tensiuni mai mari ca 1 000 V, a conductorilor masivi din aluminiu sau aliaje de aluminiu. De asemenea, pe liniile de clasa I, nu se admite nici montarea de conductori masivi din cupru, oțel și bronz.

Pe linii de clasa II, se pot utiliza conductori masivi, avînd următoarele secțiuni: cupru și bronz, 10 mm²; oțel, 3 mmØ.

Dimensiunile minime admise pentru conductori-funie sînt:

— pentru cupru, oțel, bronz: 16 mm² pe linii de clasa I; 10 mm² pe linii de clasa II;

— pentru aluminiu și aliajele lui, oțel-aluminiu și oțel-aldrei: 25 mm² pe linii de clasa I, 16 mm² pe linii de clasa II.

Secțiunile minime admise pentru conductori, în zone locuite și la traversări peste alte linii electrice, peste căi de comunicații și diferite construcții se vor trata într-o notă viitoare.

2. Întrucît în proiectarea liniilor electrice se admite de regulă o anumită secțiune, rezultînd din considerente economice, pentru care se face verificarea din punct de vedere electric, se dau mai jos, spre orientare, secțiunile de conductori de oțel — aluminiu uzuale, la diferite tensiuni ale liniilor aeriene de energie electrică:

a) Pentru linii de 220 kV: 300 mm² și mai mult;

b) Pentru linii de 110 kV: 185 pînă la 300 mm² inclusiv și excepțional, pentru linii radiale și de mică importanță, 150 mm²;

c) Pentru linii de 35 kV *): 50 pînă la 120 mm² inclusiv;

d) Pentru linii de 6—15 kV **): 16 pînă la 70 mm² inclusiv (excepțional și 95 mm²).

Toate secțiunile de mai sus se înțeleg pentru mantaua de aluminiu, inima de oțel se consideră numai ca suport mecanic și nu intervine în calculul electric al conductorilor.

Secțiunile cele mai utilizate de aluminiu, la noi în țară, se consideră: 185 mm² la 110 kV, 95 mm² la 35 kV, 35 mm² la 15 kV. Liniile aeriene de 6 kV se consideră că apar destul de rar și în acest caz pot fi prevăzute cu secțiuni pînă la 120 mm² inclusiv, în ipoteza transporturilor unor puteri mai mari, pe distanțe mici. Secțiunile recomandate pentru oțel-aluminiu sînt valabile și pentru funiile de oțel, aldrei, a căror utilizare este recomandabilă în cazul liniilor construite la tensiuni foarte înalte, sau în condiții meteorologice grele, respectiv de deschideri mari (traversări de văi în munți, de fluvii sau brațe de mare etc.).

Utilizarea conductorilor din oțel se limitează la rețele de 6—15 kV în mediul rural, prevăzîndu-se ca secțiuni uzuale 10—25 mm² inclusiv funie, pe axele principale, Ø = 3,5 mm masiv (respectiv 10 mm² funie), pînă la 6 mmØ masiv (respectiv 25 mm² funie), pe ramificații și derivații.

3. Pentru conductorii din funie de oțel-aluminiu și oțel-aldrei, se recomandă următoarele rapoarte între secțiunea mantalei de aluminiu (aldrei) și secțiunea miezului de oțel:

Categoria	Raport	Secțiunea de aluminiu (aldrei)	Domeniul de utilizare
conductori întăriți	4/1	⩾ 240 mm²	Zone cu depuneri intense de chiciură, deschideri mari
conductori normali	6/1	⩽ 240 mm²	În zonele meteorologice I și II în condiții normale
conductori ușurați	8/1	⩾ 240 mm²	

În rețelele de distribuție rurale, la tensiuni de 6—15 kV se vor putea utiliza și conductori de oțel-aluminiu cu raportul secțiunilor 3/4 (respectiv cu 3 fire de aluminiu și 4 de oțel, toate de același diametru) în cazul cînd prin calcul tehnico-economic se justifică această secțiune ca fiind mai avantajoasă decît utilizarea unor conductori din oțel, de secțiune echivalentă, din punct de vedere electric.

4. Nu se recomandă, în general, utilizarea pe linii aeriene de energie electrică cu tensiuni de peste 1 000 V, a conductorilor de funie de aluminiu, fără inimă de oțel, întrucît aceasta

*) În cazul liniilor de 60 kV: 95 pînă la 150 mm² inclusiv.
**) În cazul liniilor de 20—25 kV: 35 pînă la 95 mm² inclusiv.

se rupe ușor la eforturi importante de vînt, bătînd în rafale. Acest fel de funie se va utiliza în mod excepțional în locuri adăpostite de vînt și pe deschideri mici — în interiorul localităților, pe linii de 6—15 kV, precum și pe racorduri scurte aeriene, din aceste linii.

În schimb, conductorii din funii de aldrei pot înlocui cu succes oțel-aluminiul pe linii de tensiune medie (6 ÷ 15 kV inclusiv) — întrucît au o rezistență la rupere cu puțin mai redusă decît a oțelului-aluminiu — dacă dintr-un calcul tehnico-economic comparativ cu cazul utilizării de conductori din oțel-aluminiu, echivalenți din punct de vedere electric, rezultă că cei dintîi conduc la o soluție mai avantajoasă economică.

5. În tabela nr. 5 din prescripții s-au recapitulat principalele constante ale materialelor întrebuințate în conductorii liniilor aeriene de energie electrică, cu tensiuni peste 1 000 V, dar la care se mai fac următoarele precizări:

a) Întrucît în STAS 3734—53, existent pentru conductori de oțel galvanizat, funiile de oțel prevăzute în text nu corespund condițiilor ce se pun pentru conductori, în tabela amintită din prescripții s-au enumerat patru calități de conductori, denumite A, B, C și D, valabile pentru proiectare, pînă la reglementarea definitivă a acestei probleme prin STAS.

Calitatea denumită „A", cu rezistența la rupere de 40 kg/mm², este indicată numai la executarea de racorduri scurte, din rețele de tensiune medie și în special din liniile de 6—15 kV.

Pentru conductori activi și de protecție se întrebuințează în mod aproape exclusiv calitatea „B", cu rezistența la rupere de 70 kg/mm², calitate care este utilizată și la ancore de stîlpi.

În fine, calitățile „C" și „D", prea puțin elastice pentru a fi utilizate în conductori, se întrebuințează ca inimă în funiile de oțel-aluminiu și de oțel-aldrei, și anume calitatea „C" în mod obișnuit, iar calitatea „D" în mod excepțional.

6) În deschiderile curente ale liniilor aeriene de energie electrică, cu tensiuni peste 1 000 V, conductorii activi și de protecție se montează cu tracțiune normală, astfel încît la solicitările maxime în conductori, coeficientul de siguranță mecanic, în raport cu rezistența la rupere a materialului să nu depășească cifrele:

2 pentru conductori-funie;
2,5 pentru conductori masivi.

Aceleași valori se prevăd pentru conductorii deschiderilor de traversare peste obiecte de mai mică importanță, prevăzute în Cap. XI al prescripțiilor pentru construcțiila liniilor aeriene de energie electrică, cu tensiuni mai mari ca 1 000 V, peste:

— căi ferate cu trafic permanent, cu sau fără trasee aeriene de telecomuincații, telesemnalizări sau telecomenzi (trasee de curenți slabi), pe marginea lor;

— șosele naționale avînd pe margini trasee aeriene de curenți slabi;

— trasee de telecomunicații militare, cu caracter permanent;

— trasee de funiculare și conducte cu destinație specială conținînd lichide sau gaze inflamabile, pozate deasupra solului; conductorii activi și de protecție se montează cu tracțiune redusă astfel încît, la solicitările maxime în conductori, coeficientul de siguranță mecanic, în raport cu rezistența la rupere a materialului să nu depășească cifrele:

2,5 pentru conductori-funie;
3,0 pentru conductori masivi.

7) În anumite cazuri, în care se determină solicitări deosebit de mari asupra conductorilor, fie datorită forței vîntului ce bate pe aceștia, sau din depunerile de chiciură de pe conductori, pentru a nu se ajunge la săgeți exagerat de mari, conducînd la un cost excesiv al liniei respective, se admite în mod excepțional o tracțiune mărită în conductorii activi de protecție, mergînd pînă la limita de curgere a materialului respectiv, în cazul solicitărilor maxime prevăzute.

Ing. Vlad Rădulescu

DOCUMENTARE

Electroenergetică

Lihaciov, F. A.: **Reglarea automată a curentului bobinelor de stingere la punerile la pămînt în rețea.** (Avtomaticescoe regulirovanie toca dugogasiașcih catușec pri zamîcaniiah na zemliu v seti). În: Electriceschie Stanții **32**, nr. 11, nov. 1961, p. 61—64.

În acest articol autorul arată că este eficace compensarea curenților capacitivi în rețelele cu neutrul izolat numai dacă acordarea bobinelor de stingere se face la rezonanță. Această acordare la rezonanță este necesară timp îndelungat, nu numai în timpul funcționării rețelei fără punerea unei faze la pămînt ci și în timpul punerilor la pămînt cînd datorită protecției un anumit număr de linii pot fi deconectate de rețeaua compensată la rezonanță.

Apare evidentă necesitatea reglării compensării care nu se poate realiza la nici un fel de bobine de stingere, deoarece atît la cele cu posturi cît și la cele cu reglaj al miezului de fier, reglarea este permisă numai cînd bobina de stingere este deconectată de la rețea și cînd nu există punere la pămînt a unei faze în rețea.

Autorul arată că aceasta este o lipsă esențială a mijloacelor de compensare și că se poate remedia instalînd la bobinele la stingere actuale un dispozitiv de reglaj care să fie comandat de la distanță fie de personalul de la camera de comandă, fie automat de la compensometru.

În articol se descrie dispozitivul de reglaj automat al curentului de compensare realizabil cu mijloace accesibile.

Elementele de bază ale dispozitivului de reglaj sînt:

1. Comutatorul cu acționare rapidă care să asigure comutarea contactelor în timp de 0,02—0,04 s. Poate fi folosit comutatorul RNO-9-150/10 cu arc pentru armare și acționare cu motor electric sau electromagnet.

2. Bobină cu miez de fier întrerupt (cu întrefier). Această bobină suplimentară are fie rolul de reactor pentru a permite comutarea ploturilor bobinei de stingere fie pe acela de bobină de reglaj (avînd o reactanță reglabilă ce se însumează cu cea a bobinei de stingere).

Dispozitivul de reglaj se poate realiza în trei variante de schemă care sînt redate în articol.

I. Schema de tipul autotransformator cu bobină cu miez de fier unilaterală.

II. Schema de bobină cu miez de fier bilaterală.

III. Schema cu bobină cu miez de fier în manta.

Bobinele de stingere cu dispozitive de reglaj se conectează la neutrul transformatoarelor sau generatoarelor prin separatoare care sînt necesare numai în cazul deconectării bobinei de stingere pentru revizie.

În tab. 3 din articol autorul dă datele tehnice de bază ale bobinelor de reglaj cu miez de fier și limitele de reglaj ale curenților bobinelor de stingere cu ajutorul bobinelor de reglaj cu miez de fier.

Construirea bobinelor de reglaj cu miez de fier, se arată în articol, s-a prevăzut numai pentru patru tipuri de bobine de stingere, cele mai răspîndite în sistemele energetice din U.R.S.S. Bobinele de reglaj cu miez de fier sînt utile și pentru adaptarea lor la bobinele de stingere livrate de alte țări, însă echivalente ca tensiune și putere cu bobinele de stingere sovietice.

Conectarea succesivă a bobinelor de reglaj cu miez de fier la ploturile bobinei de stingere realizează 35 de valori ale curentului de compensare ceea ce permite întotdeauna să se obţină acordarea la rezonanţă a compensării.

m. i.

Astahov, N. P. şi Usacev, K. V.: **Lucrări de reparaţii sub tensiune la liniile de transport de energie electrică.** (Remontnie rabotî na liniah electroperedacii bez sniatia naprajenia). În: Electriceschie Stanţii **32**, nr. 11, nov. 1961, p. 65—68.

În acest articol autorii arată că folosind metodele de reparaţii ale liniilor aeriene sub tensiune se simplifică organizarea reparaţiilor, personalul de întreţinere este mai uniform încărcat pe timp de un an, se reduce timpul neproductiv necesar pentru transportarea personalului pe traseul liniilor, se reduce timpul de nefuncţionare a liniilor din cauza reparaţiilor şi se reduc pierderile de energie cît şi energia nelivrată consumatorilor. Afară de avantajele arătate mai sus deconectarea unei linii pentru reparaţii creează o schemă de alimentare a consumatorilor cu o siguranţă de funcţionare redusă ceea ce nu se mai întîmplă la reparaţii ale liniilor sub tensiune.

Lucrările de reparaţii ale liniilor sub tensiune se fac după două scheme:

1. Conductor → izolaţie → om → pămînt
2. (Conductor + om) → izolaţie → pămînt.

După prima schemă se fac lucrările de exploatare cu ştanga izolantă: controlul izolatorilor, a lipsei de tensiune, al cordoanelor de legătură ş.a., iar după a doua schemă se fac lucrări cu atingerea nemijlocită a conductorului sub tensiune de exemplu înlocuirea izolatorilor, a conductorilor, a cordoanelor de legătură, montarea şunturilor pe conductori ş.a.

Autorii arată că pentru folosirea celei de a doua scheme dispozitivele de izolare în U.R.S.S. sînt: scara izolantă; platformă izolantă rotativă şi turlă telescopică avînd un element izolant.

În anii 1954—1956 volumul de lucrări sub tensiune în 11 sisteme energetice din U.R.S.S. a fost de 60—80% din volumul total de lucrări de reparaţii la linii.

La lucrările sub tensiunea de 35—110 kV nu au fost plîngeri din partea personalului că ar avea senzaţii neplăcute.

În ultimul timp folosind aceleaşi metode de lucru sub tensiune şi la 220 kV s-a simţit de către personalul care efectua asemenea lucrări o senzaţie neplăcută ca de „injecţie" în momentul legării platformei cu conductorul liniei din cauza capacităţii corpului lucrătorului atît faţă de pămînt cît şi faţă de conductorul liniei sub tensiune.

În articol sînt redate o serie de rezultate care s-au obţinut atît în laborator cît şi pe teren privind curentul care trece prin corpul lucrătorului în momentul legării platformei cu conductorul liniei sub tensiune.

În concluzii autorii arată că după schema (conductor + om) → izolaţie → pămînt) se pot realiza lucrări şi sub tensiunile 330, 400 şi 500 kV.

Pînă la tensiunea de 110 kV inclusiv se poate lucra sub tensiune după schema de mai sus fără a lua măsuri suplimentare de securitate a muncii. La tensiuni de 154 kV şi mai sus este însă necesar costumul de protecţie din sită metalică îmbrăcată cu pînză de bumbac.

Autorii mai arată că este necesar să se studieze influenţa fiziologică a cîmpului electric asupra corpului omenesc care lucrează pe linie sub tensiune.

m. i.

Six, W.: **Determinarea contactelor la pămînt în reţelele de medie tensiune.** (Erfassung von Erdschlüssen in Mittelspannungsnetzen). El. Wirtsch. **60**, nr. 21, noembr. 1961, p. 802—805, 6 fig.

În exploatarea liniilor din reţele de medie tensiune o importanţă deosebită o are determinarea locului sau a liniei pe care a apărut o punere la pămînt. Dat fiind curentul de defect redus protecţia nu acţionează, iar prelungirea defectului duce la solicitarea cu tensiunea de linie a fazelor sănătoase precum şi degradarea izolaţiei sau conductoarelor la locul unde are loc scurgerea la pămînt.

Punerea la pămînt este indicată de aparatele de măsură a tensiunii pe fază dar selectarea liniei defecte este greoaie. În acest sens în articol autorul prezintă un aparat care permite selectarea liniei defecte. Aparatul este format dintr-un releu wattmetric, fiind alimentat de la curentul capacitiv de punere la pămînt şi tensiunea de secvenţă hompolară luată din secundarul unui transformator de tensiune legat în triunghi deschis.

La apariţia defectului releul este conectat pe fiecare linie în parte iar la linia la care este punerea la pămînt sistemul se blochează şi anunţă locul, sau prin circuitele de telesemnalizare indică locul defectului.

În articol sînt prezentate, schema releului wattmetric, a selectorului şi modul lor de conectare la reţea.

p. b.

Linia experimentală de la Apple Grove a fost pusă sub tensiunea de 775 kV. În: Vestinghouse Eng. **21** (1961), nr. 6 (nov.), p. 181.

În iunie 1961 a fost pusă sub tensiune linia experimentală de 775 kV de la Apple Grove. Obiectivele care se urmăresc sînt obţinerea de date relative la efectul Corona şi la influenţa radio a diverse tipuri de conductoare avînd o tensiune de serviciu de 750 kV în scopul demonstrării posibilităţii constructive a unor linii cu o astfel de tensiune de exploatare.

Instalaţia de încercare este dotată şi cu aparataj cum ar fi transformatoare, descărcătoare catodice, condensatoare de cuplaj etc. Ea este alimentată printr-o derivaţie de 138 kV de la linia cu dublu circuit South Point — centrala Ph Sporn.

Linia experimentală în forma de T are o lungime totală de circa 730 m. Conductoarele pe cele trei secţiuni sînt toate diferite. O cameră de comandă şi măsură este amplasată lîngă staţia de 138 kV în care se află instalat un întreruptor şi un autotransformator 138/750 kV.

Pe fiecare linie pot fi citite simultan şi independent valoarea cîmpului de influenţă radiofonică şi se furnizează liniei un curent care să simuleze pierderile de sarcină.

Toate datele înregistrate vor fi memorizate pe benzi magnetice.

Citirile se efectuează la fiecare 20 min şi includ circa 50 mărimi printre care: temperatura, umiditatea relativă, presiunea aerului, direcţia şi viteza vîntului, influenţa radio, pierderile Corona, precipitaţiile şi contaminarea aerului.

a. r.

Sicha, S., Praga: **Utilizarea transformatorilor uscaţi în instalaţii industriale.** (Verwendung von Trockentransformatoren in Industrieanlagen). În: Elektrie **15**, nr. 6, iun. 1961, p. 187, 189, 5 fig., 1 tab.

După consideraţiuni generale privind amplasarea transformatorilor, se arată că pentru transformatorii din interiorul halelor industriale, unde trebuie avut în vedere în primul rînd pericolul de incendiu, costul construcţiilor anexe ale transformatorilor în ulei se ridică în aşa măsură încît construcţia fără ulei trebuie preferată. Utilizarea clofenului în loc de ulei este prea costisitoare. Recent la transformatorii uscaţi datorită izolaţiei cu silicon, ameliorării calităţii la tole etc. s-a ajuns în S.U.A. la puteri de 3 150 KVA pentru transformatorii monofazaţi. Şi în R.S. Cehoslovacă s-au construit transformatori uscaţi de 1 250 KVA.

Deocamdată se execută în R.S.C. astfel de transformatori (de 250, 400, 630, 800 şi 1 000 KVA, 400 sau 500 V j.t. şi 10 000 V ± 5% înaltă tensiune) bobinaţi cu aluminiu. Caracteristicile lor, în comparaţie cu execuţia în ulei, sînt date într-o tabelă, o a doua tabelă indicînd spaţiul necesitat la montaj. Dintr-o figură şi o diagramă reiese că faţă de transformatorul în ulei, cel uscat ocupă doar 60—70% din spaţiu, are doar 50—70% masă (ţinîndu-se cont şi de ulei), costă însă cu 15—28% mai mult.

Transformatorii unei întreprinderi vor fi de puteri egale, ţinîndu-se şi unul de rezervă. Sînt indicate şi alte variante pentru rezervă. Urmează consideraţiuni privind amplasamentul (în atelier, subteran sau pe acoperiş) şi eventualele anexe pentru răcire.

În concluzie se fac aprecieri asupra rentabilității de utilizare a transformatorilor uscați, ținîndu-se seama de toți factorii : amplasamentul, siguranța de exploatare etc. În R.S.C. se lucrează la realizarea transformatorilor uscați din tole de calitate superioară, ceea ce va permite sporirea puterii precum și execuții speciale, cum ar fi cele pentru spații umede, pentru cuptoare electrice etc.

g. c.

Traversarea cea mai mare din Anglia a unei linii de 400 kV. Beama Jour., **68** (1961), nr. 4 (nov.), p. 124—126.

Se descriu detaliile de proiectare și realizare a traversării fluviului Tamisa între West Thurrock și Swanscombe cu o linie aeriană dublu circuit de 400 kV avînd deschiderea de traversare de 1 370 m și deschiderile adiacente pînă la stîlpii de întindere de 488 m fiecare. Înălțimea stîlpilor de susținere de traversare este de 198 m distanța liberării sub poziția cea mai coborîtă a conductorului inferior este de 76 m, stîlpii de întindere adiacenți au 44 m. Alinierea stîlpilor s-a făcut cu o abatere față de aliniament de 6,35 mm la lungimea totală de 2 347 m. Controlul aliniamentului s-a făcut folosind tuburi de neon montate vertical pe stîlpi scurți la fiecare poziție de amplasare și cu teodolite cu control radio, citirile s-au făcut evident noaptea. Greutatea stîlpului de 118 m este de circa 443 t și a celui de întindere 106 t. Fundațiile au fost construite pe 30 piloți coborîți pînă la 12 respectiv 13,7 m.

La stîlpii de întindere au fost necesari 99 piloți. Stîlpii au formă conică cu secțiunea patrat avînd la bază 30,5 m și la vîrf 3 m. Montantul este o grindă cu zăbrele, sînt prevăzute platforme fixe de montaj și întreținere, o scară de acces, vinciuri pentru ridicarea elementelor. Conductorul de Ol—Al de construcție specială are un diametru total de 56 mm. Conductorul de protecție este similar celui activ. Au fost livrate 9 lungimi de conductoare deci 2 lungimi de rezervă. Operațiile de întindere au fost complicate fiind necesară întinderea prealabilă a unui conductor de tragere și a două conductoare auxiliare port-cărucior. Lanțurile de izolatoare de întindere au o greutate de 3,5 t și sînt formate din 8 lanțuri cu o lungime de 7,5 m. Sistemul de izolatoare la stîlpii de susținere include 6 lanțuri.

Este interesant de amintit că forța necesară întinderii a fost de ordinul a 30 t/conductor. Operațiile de întindere au fost comandate prin posturi de radioemisie recepție.

a. r.

Termoenergetică

Ogloblin, G. A. : **Activitatea Ț.K.T.I. în domeniul dezvoltării construcțiilor de agregate energetice.** Teploenergheticа, anul 8 (1961), nr. 10, p. 16—18.

Activitatea Institutului central de cazane și turbine, (Ț.K.T.I.), în perioada ultimilor cinci ani, a fost orientată în vederea îndeplinirii directivelor Congreselor XX și XXI, prevăzînd construirea unor centrale de putere mare, utilate cu blocuri de 100, 150 și 200 MW. Alături de fabricile constructoare, Ț.K.T.I. a participat nemijlocit la crearea unor agregate cu parametri ridicați, cu indici tehnico-economici superiori avînd scheme complexe de automatizare.

În această perioadă au fost construite blocurile de 150 și 200 MW cu parametrii de 130 ata și 565°C. Pe baza experienței obținute, s-a executat proiectul blocului de 300 MW utilat cu cazanul TPP-110 și turbina K-300-240 avînd parametrii 240 ata și 580°C. Împreună cu fabricile din Podolsk și Taganrog s-au elaborat cazanele de 710 t/h, cu parametrii 315 ata, 655/570° C, și de 950 t/h pentru 255 ata și 585/570°C. Acesta din urmă funcționează pe cărbune și are un consum de metal de 11,3 kg/kW cu un randament de 92%, față de consumul de 20 kg/kW și randamentul de 86...89% obținute la cazanul de 220—230 t/h de 100 ata.

În prezent se elaborează proiecte pentru grupuri termo și hidro de 500 MW fiind în curs execuția proiectului pentru o turbină hidraulică de 1000 MW.

În tematica Ț.K.T.I. au figurat de asemenea următoarele probleme : elaborarea unor proiecte de cazane cu debit mic și mijlociu care să permită utilizarea unor elemente tip pentru a ușura lucrul în serie, cercetări pentru îmbunătățirea arderii combustibililor solizi, lichizi și gazoși, prevenirea murdăririi suprafețelor de schimb de căldură. Au fost elaborate norme de calcul pentru calculul de rezistență al pieselor de turbină și s-au efectuat cercetări pentru determinarea solicitărilor în regimuri tranzitorii.

În scopul măririi eficienței producției de energie electrică în cazul arderii gazelor și păcurii, Institutul a recomandat introducerea ciclului abur-gaze elaborînd proiectele instalațiilor energetice.

i. g.

N. G. Kleimenov : **Noile prescripții de exploatare tehnică ale centralelor și rețelelor. Instalațiile de turbină.** Energhetic, anul 10 (1962), nr. 1, p. 28—31.

Noile prescripții de exploatare tehnică conțin modificări privind dotarea cu elemente de protecție. Se indică prevederi noi în domeniul exploatării și reparațiilor.

În afara elementelor de protecție și reglare de bază, turbinele vor fi echipate suplimentar cu :

a) dispozitive automate pentru prevenirea umplerii cu apă a preîncălzitoarelor de înaltă presiune și cu regulatoare de nivel ale condensatului secundar din preîncălzitoare.

b) dispozitive automate pentru alimentarea cu abur a labirinților (la instalații noi) și pentru anclanșarea pompelor de rezervă.

c) dispozitive automate pentru închiderea forțată a clapelor de reținere de la prizele reglabile, — iar la turbinele noi cu puteri de peste 25 MW și la acele de la prizele nereglabile, — în cazul declanșării întrerupătorului de rețea sau la închiderea supapei de declanșare rapidă.

d) dispozitive automate (la turbine nou instalate) pentru semnalizarea optică și acustică în cazul scăderii vidului pînă la 600—650 mm col. mercur și pentru declanșarea turbinei la atingerea limitei minime stabilite de furnizor.

e) protecție de deplasare axială (la turbinele nou instalate) și indicator de deplasare axială la distanță.

f) protecție de presiune minimă în circuitul de ungere (la turbinele nou instalate).

Vor fi prevăzute între altele indicatoare ale dilatării relative a rotorului (la turbinele nou instalate) și sisteme de semnalizare pentru indicarea vibrațiilor limită, temperaturilor limită la lagăre și parametrilor limită ai aburului la admisie.

Turbinele funcționînd cu presiunea de 90 ata, sau presiuni superioare, vor dispune de două pompe de ungere de rezervă, alimentate în curent alternativ respectiv continuu, asigurîndu-se anclanșarea automată.

Conform noilor prescripții verificarea dispozitivului de declanșare rapidă se va executa la 4 luni, iar verificarea vibrațiilor la lagăre la 3 luni.

Încercările termice ale turbinelor se vor executa de institutele de specialitate la primele agregate din fiecare serie nouă. Încercări de exploatare se vor executa în cazuri de modernizări sau modificări importante în schema termică.

Reparația capitală a agregatelor se va executa la interval de doi ani. Pe baza aprobării inginerului șef al sistemului energetic se vor putea executa reparații anuale și la interval de trei ani.

i. g.

MUZEUL TEHNIC-ȘTIINȚIFIC 1833

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.315.051.2.027.8.001.1

Militaru P., Petrescu C. и *Marinescu Gr.:* **Проектирование линии высокого напряжения в 22 кв Биказ—Сынджорджу—Лудуш.**

Функциональные потребности национальной энергетической системы РНР привели к необходимости применения напряжения в 220 кв. В статье представлены технические характеристики первой линии в 220 кв, построенной в 1961 году, которая связывает электростанции В. И. Ленина-Биказ, Красная звезда-Сынджорджи и Лудуш. Проектирование этой линии потребовало решение некоторых технических вопросов, возникнувших вместе с прокладкой, трассы, которая пересекает две горные цепи.

Energetica, 10(1962) № 5, стр. 181—189

ДК 621.315.051.2.027.8.002.2

Ceaptru D., Ionescu M. и *Pestrea N.:* **Строительство электролинии высокого напряжения в 220 кв Биказ—Сынджорджу—Лудуш.**

Описаны основные конструктивные элементы линии, использованные промышленные методы, технологические методы монтажа, использованные схемы механизации, а также и достигнутые техно-экономические показатели. Обращается внимание на особые условия прокладки трассы.

Energetica, 10(1962) № 5, стр. 189—197

ДК 621.2.09(47)

Cogălniceanu M.: **Развитие гидроэнергетики в СССР. I. Общее описание.**

В статье описывается развитие использования гидроэнергетических ресурсов до настоящего времени, а также их развитие в будущем, в свете постановлений XXII съезда КПСС.

Energetiaca, 10(192) № 5, стр. 197—205

ДК 621.313.322-81.004

Mihăileanu C. и *Cserveny I.:* **Определение момента GD^2 для групп турбогенераторов методом сепарации потерь холостого хода.**

Выводится уравнение момента GD^2 для группы турбогенераторов и дается методика определения методом подъема кривой автотормоза и сепарации потерь холостого хода. Представлены опытные данные, полученные в результате испытания метода на группе турбогенераторов на одной из термоэлектрических централей.

Energetica, 10(1962) № 5, стр. 205—209

ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ДК 621.181.0022

Fulga C. и *Miloia M.:* **Применение небольших паровых котлов Тимишоарской ТЭЦ для производства горячей воды.**

В статье представлен способ снабжения теплом потребителей, подсоединенных к теплофикационной сети, используя в качестве источника тепла паровые котлы, преобразованные для получения горячей воды. Также даются данные по ведению теплового режима, методика расчета по определению общего коэффициента полезного действия теплофикационной установки, а также результаты, полученные при эксплуатации.

Energetica, 10 (1962) № 5, р. стр. 209—213

РЕЦЕНЗИИ 213—214

ДОКУМЕНТАЦИЯ 214—216

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.315.051.2.027.8.001.1

Militaru P., Petrescu C. und *Marinescu Gr.* **Das Projektieren der 220-kV-Leitung von Bicaz-Singeorgiu-Luduş.**

Die Einführung der 220-kV-Spannung wurde von den Betriebsbedingungen des energetischen Landessystems der RVR bedingt. Der Aufs tz legt die technischen Kenndaten der ersten (1961 gebauten) 220-kV-Leitung dar, die die Kraftwerke V. I. Lenin-Bicaz, Steaua Roşie-Singeorgiu und Luduş verbindet. Das Projektieren dieser Hochspannungsleitung erforderte die Lösung einiger komplexen technischen Probleme im Zusammenhang mit der Linienführung die zwei Gebirgsketten überbrückt.

Energetica, 10(1962) H. 5, S. 181—189

DK 621.315.051.2.027.002.2

Ceaptru D., Ionescu M. und *Pestrea N*: **Der Bau der 220-kV-Leituhg von Bicaz-Singeorgiu-Luduş..**

Im Aufsatz werden dargelegt die wichtigsten Bauelemente der Leitung, die angewendeten Industrialisierungsverfahren, die technologischen Montageverfahren, die eingeführten Mechanisierungsschemas, sowie die erzielten technischen Indexziffern. Ferner werden die ungewöhnlichen Bedingungen hervorgehoben unter denen diese Linienführung erfolgte.

Energetica 10(1962) H. 5, S. 189—197

DK 621.2.09(47)

Cogălniceanu M.: **Die Entwicklung der Hydroenergetik in der UdSSR. Allgemeinübersicht. (I)**

Der Aufsatz behandelt die Entwicklung der Nutzung des hydroenergetischen Ressourcen in der UdSSR bis zur Gegenwart und deren künftige Entwicklung im Lichte der Direktiven des XXII. Parteitags der KPdUS.

Energetica, 10(1962) H. 5, S. 197—205

DK 621.313.322-81.004

Mihăileanu C. und *Cserveny I.*: **Die Bestimmung des GD^2 Drehmoments bei Turbogeneratoren durch das Trennungsverfahren des Energieverlustes im Leerlauf.**

Das Verhältnis für den ,,GD^2-Drehmoment'' bei Turbogeneratoren wird ermittelt und dessen Bestimmungsmethodologie durch das Verfahren der Steigerung der Selbstbremsekurve und der Trennung der Energeiverluste im Leerlauf dargelegt.

Energetica, 10 (1962) H. 5, S. 205—209

AUS DEM BETRIEBSLEBEN

DK 621.181.002.2

C. Fulga und *M. Miloia.*: **Die Anpassung der kleinen Dampfkessel zur Erzug von Heisswasser im Wärmekraftwerk Timişoara.**

Im Aufatz wird die Wärmeversorgung der Verbraucher, die an das Fernheiznetz angeschlossen sind, behandelt, als Wärmequelle die Dampfkessel verwendet werden, die für das Erzeugen des Heisswassers umgearbeitet wurden. Gleichzeitig werden Angaben über die Führung der thermischer Arbeitsfunktion, die Berechnungsmethodologie zur Bestimmung der Gesamtleistung der Wärmeanlage, sowie die erzielten Betriebsergebnisse angeführt.

Energetica, 10(1962) H. 5, S. 209—213

BUCHBESPRECHUNGEN 213—214

DOKUMENTATION 214—216

SOMMAIRE

CD 621.315.051.02.027.8.001.1

Militaru, P. Petrescu C. et *Marinescu C.* : **Le projet de la ligne électrique de 220 kV Bicaz-Sîngiorgiu-Luduş.**

Les nécessités fonctionnelles du système énergetique national de la R.P.R. ont imposé l'introduction de la tension de 220 kV. Dans cet article, on présente les caractéristiques techniques de la première ligne de 220 kV construite en 1961, qui relie les centrales électriques V. I. Lenin-Bicaz, Steaua Roşie-Sîngiorgiu et Luduş. Le projet de cette ligne a posé des problèmes techniques très complexes pour ce qui est du trajet, qui traverse deux chaînes de montagnes.

Energetica, 10 (1962) no. 5, p. 181–189

CD 621.315.051.2.027.8.002.2

Ceapîru, D. Ionescu M. et *Pestrea N.* : **La construction de la ligne électrique de transport de 220 kV Bicaz-Sîngeorgiu Luduş.**

On décrit les principaux éléments constructifs de la ligne, les procédés d'industrialisation employés, les méthodes technologiques de montage, les schémas de mécanisation appliqués, de même que les indices techniques obtenus. On met en évidence les conditions de trajet tout à fait spéciales dans lequelles il a fallu exécuter cette ligne.

Energetica, 10 (1962) no. 5, p. 189–197

CD 611.2.09(47)

Cogălniceanu M. : **Le développement de l'hyidroénergétique en U.R.S.S. I. Vue d'ensemble.**

On traite du développement des ressources hydroénergétiques de l'U.R.S.S. jusqu'à présent et de leur développement à l'avenir, dans la lumière des directives du XXII-e Congrès du P.C.U.S.

Energetica, 10(1962) no. 5, p. 197–205

CD 621.313.322-81.004

Mihăileanu C. et *Cserveny I.* : **Détermination du moment GD^2 pour les groupes turbogénérateurs par la méthode de la séparation des pertes durant la marche à vide.**

On déduit la relation pour le moment GD^2 aux groupes turbogénérateurs et on en présente les méthodes de détermination par la méthode du relèvement de la courbe d'autofreinage et de la séparation des pertes durant la marche à vide.

On présente les résultats expérimentaux obtenus à l'application de cette méthode à un groupe turbogénérateur d'une centrale thermoélectrique.

Energetica, 10(1962) no. 5, p. 205–209

PROBLÈMES D'EXPLOITATION

CD 621.181.002.2

Fulga C. et *Miloia M.* : **Adaptation des petites chaudières à vapeur de CTE-Timişoara, pour produire de l'eau bouillante**

Dans cet article on présente le mode d'alimenter en chaleur les consommateurs raccordés au réseau de thermification, en utilisant comme source de chaleur, les chaudières à vapeur transformées pour produire de l'eau bouillante.

On présente également des données concernant le contrôle des régimes thermiques, les méthodes de calcul pour déterminer le rendement total de l'installation de thermification, de même que les résultats obtenus à l'exploitation.

Energetica, 10 (1962) no. 5, p. 209–213

COMPTES-RENDUS 213–214

DOCUMENTATION 214–216

CONTENTS

DC 621.315.051.2.027.8.001.1

Militaru P. Petrescu C. and *Marinescu Gr* : **The designing of the 220 kV electric line Bicaz – Sîngeorgiu-Luduş.**

The functional requirements of the national power system of the P.R.R. demanded the adoption of the 220 kV tension. This paper presents the technical characteristics of the first 220 kV line built in 1961 to connect the following electric centers : V. I. Lenin-Bicaz, Steaua Roşie Sîngeorgiu and Luduş. The designing of this line required the solution of some complex technical problems relating to the way followed relating to the way followed across two mountain chains.

Energetica, 10(1962) no. 5, p. 181–189

DC 621.315.051.2.027.8.002.2

Ceapîru D., Ionescu M. and Pestrea N.
The building of the 220 kV electric line Bicaz-Sîngiorgiu-Luduş.

A description is given of the main constructive elements of this line, as well as of the industrialization techniques used, technological setting up methods, mechanization schemes applied and technical indexes obtained.

The particularly special conditions under which this work had to be performed are pointed out.

Energetica, 10, (1962) no. 5, p. 189–197

DC 621.2.09(47)

Cogălniceanu M. : **The development of hydroenergetics in the U.S.S.R. I. General aspects.**

This paper discusses the present development and uses of hydroenergetic resources in the U.S.S.R. as well as their future development in the light of the Directions of the XXII-nd Congress of the Communist Party of the Soviet Union.

Energetica, 10 (1962) no. 5, p. 197–205

DC 621.313.322-81.004

C. Mihăileanu and I. Cserveny : **Determining the GD^2 moment in turbogenerator groups by means of the method of separating the idle running losses.**

The authors deduce a relation for the GD^2 moment in turbogenerator groups and give a methodology for its determination by the method of drawing up the self-braking curve and separating the idle running losses.

The experimental results obtained from applying this method to a turbogenerator group in a thermo-electric power station are also given.

Energetica, 10 (1962) no. 5, p. 205–209

FROM THE EXPLOITATION

DC 621.181.002.2

C. Fulga and *M. Miloia* : **Adapting the small steam boilers of the thermo-electric power station in Timişoara to produce hot water.**

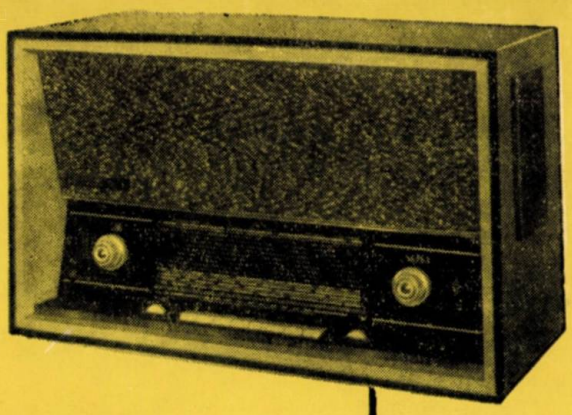
This paper presents the way of supplying with heat the consumers connected to the thermofication network by using steam boilers transformed for the production of hot water as a heat source.

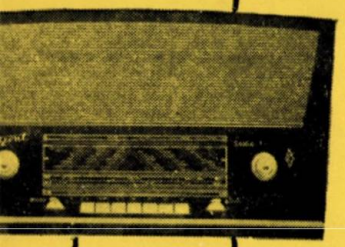
Some data are also given concerning the direction of thermal regimes, calculus methodology for the determination of its total output of thermofication equipment as well as the results obtained during exploitation.

Energetica, 10 (1962) no. 5, p. 209—213

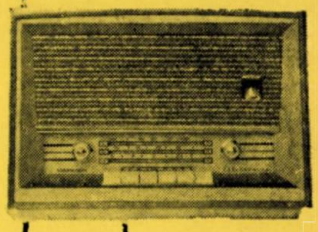
REVIEWS 213–214

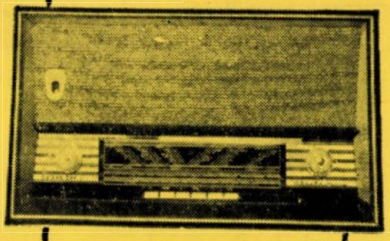
DOCUMENTATION 214–216





Electronica





Select 3+2 tuburi electronice; schimbător de lungimi de unde sistem claviatură cu 3 clape; 3 game de unde; indicator optic de acord; 1 difuzor circular de 2,5 VA; tensiuni de alimentare: 110 V, 120 V şi 220 V; dimensiuni: 320 × 350 × 260 mm; greutate: 9 kg.

Modern 6 + 2 tuburi electronice; schimbător de lungimi de unde sistem claviatură cu 8 clape; 6 game de unde; indicator optic de acord; 4 difuzoare eliptice de 1 VA; 2 reglaje de ton şi registru 3 poziţii; antenă de ferită; tensiuni de alimentare: 110 V, 120 V şi 220 V; dimensiuni: 725 × 440 × 295 mm; greutate 22 kg.

Orizont 5 + 2 tuburi electronice; schimbător de lungimi de unde sistem claviatură cu 7 clape; 5 game de unde; 2 reglaje de ton, permiţînd reglarea tonurilor joase şi a celor înalte; indicator optic de acord; 2 difuzoare circulare de 2,5 VA; tensiuni de alimentare: 110 V, 120 V şi 220 V; dimensiuni: 690 × 420 × 310 mm; greutate: 18 kg.

Carmen 3 + 2 tuburi electronice; schimbător de lungimi de unde sistem claviatură cu 4 clape; 3 game de unde; indicator optic de acord; 1 difuzor eliptic de 1 VA; tensiuni de alimentare: 110 V, 120 V şi 220 V; dimensiuni: 350 × 240 × 175 mm; greutate: 4,5 kg.

Tomis 5+2 tuburi electronice; schimbător de lungimi de unde sistem claviatură cu 6 clape; 4 game de unde; indicator optic de acord; 2 difuzoare circulare de 2,5 VA; tensiuni de alimentare: 110 V, 120 V, 220 V; dimensiuni: 630 × 370 × 290 mm; greutate: 15 kg.

Darclée 5 + 2 tuburi electronice; schimbător de lungimi de unde sistem claviatură cu 6 clape; 4 game de unde; indicator optic de acord; 2 difuzoare circulare de 2,5 VA; tensiuni de alimentare: 110 V, 120 V şi 220 V; picup Supraphon cu 4 viteze şi doză de cristal piezoelectric; dimensiuni: 645 × 450 × 350 mm; greutate: 20 kg.

ÎNTREPRINDERE INDUSTRIALĂ DE STAT PENTRU PIESE ŞI APARATE DE RADIO, TELEVIZOARE ŞI ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ

Bucureşti, str. Baleului nr. 82, Raionul 1 Mai, Telefoane: 12.19.40; 12.19.46–12.19.48

) P. 2 ,o 1351

E 2039 REFERATIVA

ENERGETICA

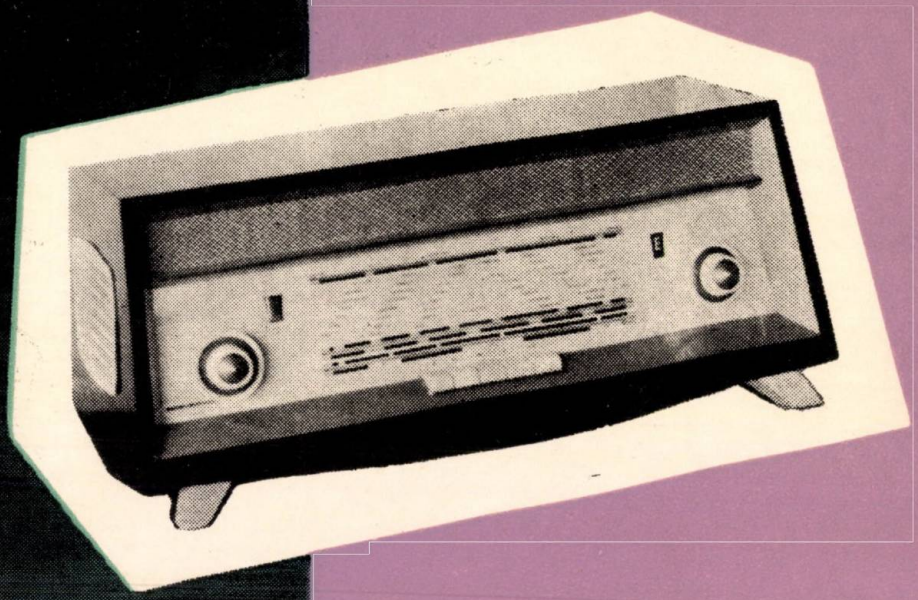
6

Energetica — Vol. 10 — iunie nr. 6, 1962 — p. 217-264 — București

1962

Fantezia

S 604 A



APARATUL DE RADIO DE CONSTRUCȚIE ORIGINALĂ **„Fantezia"** OFERĂ O AUDIȚIE MINUNATĂ, CU PERFORMANȚE EXCELENTE PE TOATE LUNGIMILE DE UNDE

- ▲ *3 + 2 tuburi electronice*
- ▲ *3 game de unde*
- ▲ *2 difuzoare de 2,5 VA montate lateral*
- ▲ *indicator optic de acord*
- ▲ *reglaj de ton*

CASETA DE CONSTRUCȚIE ORIGINALĂ, CU ORNAMENTAȚIE DE ALAMĂ PLĂCUTĂ, DĂ O NOTĂ DE ELEGANȚĂ ORICĂRUI INTERIOR.

Electronica

INTREPRINDERE INDUSTRIALĂ DE STAT PENTRU PIESE ȘI APARATE DE RADIO, TELEVIZOARE ȘI ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ ● BUCUREȘTI, STR. BAICULUI Nr. 82, RAIONUL 1 MAI ● TELEFOANE: 12.19.40; 12.19.46—12.19.48

ENERGETICA

ANUL 10 Nr. 6 IUNIE 1962

CUPRINS

CZ 061.3 ? 621.3 „1962"

Rădulet R. : **Comisia electrotehnică internațională (CEI). Cu prilejul reuniunii ei generale de la București, 24 iunie — 7 iulie 1962.**

Energetica *10* (1962) nr. 6, p. 217—219

CZ 621.316.13 : 538.551.1

Dimo P. : **Formula pierderilor și „optimizările de scheme și regimuri" pe un drum nou. Aplicarea „analizei nodale" cu imagini reprezentative**

Analiza nodală (DIMO) este aplictă nodului central la care a fost redus un sistem complex. Problema este redusă la o mare simplitate, prin raționarea cazului pe scheme echivalente radiale.

Se dă un exemplu concret de aplicare și se arată posibilitățile deosebite ale acestei căi noi în raționarea problemelor de „optimizare" a rețelei electrice, precum și a repartiției optime a puterilor active și reactive între centrale.

Energetica *10* (1962) nr. 6, p. 219—242

CZ 621.3.016.31 : 621.311.161.00.24

Ionescu V., Leonida D., : **Considerații asupra problemelor de repartiție optimă a sarcinii în sistemele energetice**

II. Sisteme interconectate

În articol se tratează problema repartiției optime economice în cazul sistemelor energetice interconectate. Analog cu lucrarea anterioară se propune o metodă nou de analiză a repatiției optime, care permite rezolvarea riguroasă a problemei de optim. Se tratează apoi în mod unitar procedeele clasice exemplificate pe cazurile de interconexiune cele mai uzuale.

Energetica *10* (1962) nr. 6, p. 243—257

CZ 621.3.016.31 : 681.14

Semlyén A. : **Probleme privind determinarea repartizării optime a puterilor între centrale cu un calculator analogic**

În lucrare se stabilesc bazele teoretice și principiile construcției unui calculator analogic care determină direct repartizarea optimă a puterilor și cheltuielile totale pe sistem, în orice moment, la orice configurație a rețelei sau număr de aparate în funcție.

Energetica *10* (1962) nr. 6, p. 258—262

RECENZII 263—264

CRONICĂ 264

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU,** redactor responsabil, conf. ing. **(**
MIHĂILEANU, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BA**
DEA, prof. ing. **M. BERCOVICI,** membru corespondent al Aca
demiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **A. COGĂLNI**
CEANU, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** laurea
al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru core
pondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU,** conf. ing. **N**
MOLDOVEANU, prof. ing. **C. PENESCU,** ing. **T. POPA,** ing. **S**
SĂNDULESCU și ing. **P. VICOL**

ENERGETICA

ANUL 10
1962
Nr. 6
IUNIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR-ORSZÁGOS 1283

Comisia electrotehnică internaţională (CEI)

Cu prilejul reuniunii ei generale de la Bucureşti, 24 iunie—7 iulie 1962

*REMUS RĂDULEŢ** — Bucureşti

Comisia electrotehnică internaţională, înfiinţată pe baza hotărîrii din 15 septembrie 1904 a Congresului internaţional de electricitate din St. Louis (S.U.A.), este cea mai veche organizaţie tehnică internaţională, în care sînt reprezentate peste trei sferturi din populaţia globului, din principalele 36 de ţări cu industrie electrotehnică, energetică şi electronică dezvoltate, care sînt membre ale ei. O dată cu organizarea actuală, schimbul direct de informaţii între specialişti, care era posibil numai în cadrul congreselor internaţionale incidentale, a fost dezvoltat prin studiul continuu şi metodic al problemelor de specialitate importante, prin comitete naţionale în cadrul unei organizaţii internaţionale permanente. Aceasta este o organizaţie neguvernamentală, care elaborează recomandări avînd caracter internaţional şi privind coordonarea, apropierea şi unificarea prescripţiilor şi regulilor naţionale, a simbolizărilor, definiţiilor de concepte de tehnică şi standardelor naţionale în domeniul industriei electrotehnice, electroenergetice, electrocomunicaţiilor, electronicii, reglajului, calculatoarelor şi tratării informaţiei în scopul ridicării calităţii şi al intensificării schimburilor între ţări ale produselor din aceste domenii. Ea este totodată prima organizaţie internaţională care se ocupă cu probleme de standardizare.

Primele statute CEI, elaborate într-o reuniune preliminară a 13 ţări şi aprobate apoi formal de 15 ţări la reuniunea Consiliului CEI ţinută la Londra în octombrie 1908, prevedeau că ţările membre sînt reprezentate în CEI prin cîte un singur Comitet naţional pentru CEI, avînd caracter neguvernamental şi format de organisme, asociaţii sau societăţi naţionale care se ocupă cu ingineria electrică, exclusiv sau în corelaţie cu alte probleme de tehnică. Consiliul este format din preşedintele CEI şi din preşedinţii comitetelor naţionale care au vot deliberativ.

Preşedinţii CEI au fost aleşi dintre personalităţile cercetării în domeniul ingineriei electrotehnice. Lord Kelvin, Elihu Thomson, E. Budde, Maurice Leblanc, C. Feldmann, L. Lombardi, H. S. Osborne se numără printre ei. Primul ei secretar, care a contribuit esenţial la dezvoltarea şi organizarea ei actuală, a fost Charles le Maistre, care a ocupat acest post pînă la moartea sa, survenită în anul 1953. În memoria sa, o personalitate din domeniul electrotehnic a ţinut la fiecare reuniune generală CEI o conferinţă cu un subiect în corelaţie cu probleme de standardizare. A opta şi ultima dintre aceste conferinţe se ţine la 24 iunie 1962, la Bucureşti, de către Ivar Herlits, fost preşedinte CEI în perioada 1958—1961, în şedinţa de deschidere a celei de a 27-a reuniuni generale CEI, la Facultatea de ştiinţe juridice a Universităţii din Bucureşti.

Dintre reuniunile generale ţinute în prima perioadă a existenţei CEI cele mai importante s-au ţinut în anii 1911 şi 1913, la Torino şi Berlin, cu 19, respectiv 24 ţări participante.

În această perioadă CEI a lucrat cu patru comitete tehnice (CT) privind nomenclatura, simbolurile, maşinile electrice şi motoarele primare. Primii termeni şi primele definiţii privind maşinile, transformatoarele şi alte aparate electrice şi motoarele primare, cum şi primele simboluri literale internaţionale, pentru mărimi şi unităţile lor de măsură, au fost publicate de CEI în perioada 1914.

După întreruperea din cursul primului război mondial, activitatea CEI a fost reluată în octombrie 1919, la Reuniunea generală de la Londra, cu 20 ţări participante. În anul 1923, ca urmare a creşterii numărului de comitete tehnice, Consiliul CEI a hotărît să înfiinţeze Comitetul de acţiune CEI, format din preşedintele CEI, nouă preşedinţi de Comitete naţionale cu vot deliberativ, aleşi de Consiliu pe cîte nouă ani, cum şi din vechiul preşedinte, secretarul general, şi trezorier, care au vot consultativ. Preşedinţii Comitetelor naţionale care nu sînt membre ale Comitetului de acţiune pot asista la şedinţele lui. Actualul preşedinte CEI este profesorul G. de Zoetem, iar din Comitetul de acţiune fac parte preşedinţii următoarelor Comitete naţionale pentru CEI: Canada, Franţa şi Germania cu mandatul pînă în 1964, Uniunea Sovietică, Statele Unite ale Americii şi Spania cu mandatul pînă în 1967, Marea Britanie, Republica Populară Romînă şi Japonia cu mandatul pînă în 1970. Comitetul de acţiune este organul consultativ al Consiliului, care conduce lucrările CEI între reuniunile generale, rezolvă probleme administrative şi de organizare a activităţii, difuzează documentele CEI, stabileşte şi delimitează domeniile de activitate ale comitetelor tehnice, subcomitetelor, comitetelor de experţi şi grupelor de lucru, de a căror înfiinţare se ocupă.

Începînd cu anul 1926 sarcina secretariatului fiecărui comitet tehnic este asumată de cîte un comitet naţional, măsură extrem de eficientă care permite cercurilor tehnice naţionale să se afirme pe plan internaţional şi să contribuie activ la accelerarea lucrărilor CEI. De obicei preşedinţii comitetelor tehnice nu sînt aleşi dintre membrii comitetelor naţionale care au secretariatul. Începînd cu acelaşi an, s-a stabilit regula celor şase luni privitoare la elaborarea recomandărilor internaţionale CEI. Prima fază din această elaborare o constituie materialul documentar elaborat de secretariatele comitetelor tehnice asupra lucrărilor şi prevederilor din domeniul lor de specialitate elaborate de alte organizaţii internaţionale sau cuprinse în prescripţii şi standarde naţionale existente în acea fază, cum şi proiectul său de recomandare, care sînt difuzate comitetelor naţionale. Pe baza observaţiilor şi comentariilor acestora, se apreciază dacă trebuie elaborat un nou proiect de recomandare care urmează aceeaşi cale. Cînd preşedintele comitetului tehnic, respectiv al subcomitetului, apreciază că s-a realizat un anumit acord, el convoacă specialiştii ţărilor care au colaborat mai intens, spre a se ajunge la un acord privind recomandarea. După ce s-au eliminat punctele de divergenţă, preşedintele comitetului tehnic solicită conducerii CEI să difuzeze proiectul de recomandare tuturor comitetelor naţionale, care au posibilitatea de a vota prin corespondenţă

* Prof. dr. ing. *R. Răduleţ*, membru corespondent al Academiei R.P.R., este preşedintele Comitetului Electrotehnic Romîn.

în termen de șase luni, pentru acceptarea cu sau fără modificări de fond sau de redactare, lipsa de răspuns fiind considerată acceptare. Dacă proiectul a întrunit cel puțin 80% voturi pentru și președintele opinează că obiecțiile de fond ale celorlalte țări nu trebuie luate în considerație, proiectul se publică drept recomandare CEI. Comitetele naționale care au totuși obiecții de fond pot cere să li se publice obiecțiile în prefața documentului. Dacă se fac modificări de fond impuse de circularea unui proiect de recomandare după regula celor șase luni, noua formă a proiectului este difuzată din nou, votul comitetelor naționale trebuind să fie dat acum în termen de două luni (regula celor două luni). Termenul de elaborare a recomandărilor CEI, care era la început de 5—7 ani, a fost redus cu timpul la un an și jumătate pînă la trei ani.

Reuniunile generale mai importante ale CEI în perioada dintre cele două războaie mondiale au fost cele de la Londra (1919), Haga (1925), New York (1926), Bellaggio și Roma (1927), Copenhaga, Stockholm și Oslo (1930), Praga (1934), Sheveningen și Bruxelles (1935) și Torguai (1938). În acest timp, numărul comitetelor tehnice a crescut de la 4 la 29, potrivit cu dezvoltarea pe care a luat-o industria în domeniile de specialitate CEI. În această perioadă s-a elaborat și publicat prima ediție a vocabularului electrotehnic internațional, care cuprinde definițiile a 2 000 termeni din specialitate în două limbi cu traduceri ale termenilor în alte limbi. S-au elaborat recomandări internaționale pentru simboluri grafice și literale și pentru standarde în domeniile tensiunilor nominale ale sistemelor, curenților nominali, reguli pentru încercările de tensiune, specificații pentru turbinele cu abur împreună cu regulile de recepție, cum și specificații pentru numeroase tipuri de mașini și transformatoare electrice, întreruptoare, instrumente de măsură, echipamente de iluminat și radiotehnice. S-au luat hotărîri importante privind mărimile electromagnetice și unitățile lor de măsură, inclusiv sistemul general MKSA de unități de măsură a mărimilor fizice care, cu ușoare completări, a devenit sistemul internațional adoptat recent prin măsuri legale și în țara noastră. Dintre numirile unităților de măsură adoptate în această perioadă amintim numirile *hertz* pentru unitatea MKSA de frecvență, *var* pentru unitatea MKSA de putere reactivă, la propunerea regretatului academician Constantin Budeanu, *weber*, pentru unitatea MKSA de flux magnetic, cum și numirile *oersted*, *gauss*, *maxwell* și *gilbert* pentru unitățile CGS ale intensității cîmpului magnetic, inducției magnetice, flux magnetic și tensiune magnetică (și magnetomotoare).

În perioada considerată Comisia electrotehnică internațională a contribuit la înființarea de noi organizații internaționale, cum este Conferința internațională a marilor rețele electrice (CIGRÉ), înființată sub auspiciile ei în anul 1921, și a colaborat cu numeroase organizații internaționale înființate în vederea studiului unor probleme contingente cu preocupările CEI. Dintre acestea, cele mai importante pentru CEI sînt Conferința mondială a energiei (WPC) înființată în anul 1924, Comitetul internațional consultativ de telefonie (CCIF) înființat în același an, Uniunea internațională a producătorilor și distribuitorilor de energiei (UNPEDE) înființată în anul 1925, Asociația internațională de standardizare (ISA) înființată în 1926, cum și Comisia de instalații (IFK) devenită mai tîrziu Comisia internațională de reguli pentru aprobarea echipamentului electric (CEE). Comisia electrotehnică internațională a luat parte și la înființarea de Comitete mixte, cum sînt Comitetul internațional mixt pentru echipamentul de tracțiune electrică (CMT) și Comitetul internațional special de interferență radio (CISPR).

După o întrerupere de șase ani, provocată de cel de-al doilea război mondial, activitatea CEI a fost reluată în iulie 1946, la Reuniunea de la Paris a Consiliului CEI. Sub auspiciile Comitetului de coordonare al Națiunilor Unite s-a înființat în anul 1947, ca unitate neguvernamentală, Organizația internațională de standardizare (ISO) cu care CEI a încheiat o înțelegere pe baza căreia CEI lucrează ca diviziune electro a ISO cu autonomie administrativă și tehnică completă. S-a mai hotărît ca sediul CEI să fie transferat de la Londra la Geneva, pentru crearea unui sediu comun ISO—CEI, lucru realizat în februarie 1948. Prin statutele revizuite, adoptate în iunie 1949, s-au statuat formele de organizare actuale ale CEI, atît în privința atribuțiilor și funcțiunilor Consiliului, Comitetului de acțiune și Oficiului central de la Geneva, cît și în privința metodelor de lucru ale comitetelor tehnice, subcomitetelor, comitetelor de experți și grupelor de lucru. Numărul țărilor membre a crescut de la 24 la 36 [Argentina, Australia, Austria, Belgia, Brazilia, Bulgaria, Canada, R.P. Chineză, Cehoslovacia, Danemarca, Egiptul, Finlanda, Franța, Germania (R.F.G. și R.D.G.), Grecia, Ungaria, India, Israel, Italia, Japonia, Olanda, Norvegia Pakistan, Polonia, Portugalia, Romînia, Spania, Suedia, Elveția, Turcia, Uniunea Sud-Africană, U.R.S.S., Regatul Unit (UK), S.U.A., Venezuela și Iugoslavia]. Numărul comitetelor tehnice a crescut de la 29 la 55, cu peste 50 de subcomitete și comitete de experți dependente de ele. Lista comitetelor tehnice caracterizează domeniile preocupărilor CEI: nomenclatura *1* mașini electrice rotative *2* cu 7 subcomitete, simboluri grafice *3* cu un comitet de experți, turbine hidraulice *4*, turbine cu abur *5*, aluminiu *7*, cu un subcomitet și un comitet de experți, tensiuni, curenți și frecvențe standard *8*, material de tracțiune electrică *9*, uleiuri izolante *10*, radiocomunicații *12* cu trei subcomitete, respectiv comitete de experți, instrumente de măsură *13* cu trei subcomitete, transformatoare de putere *14* cu două subcomitete, materiale izolante *15*, marcarea bornelor și semne de identificare *16*, aparate de întrerupere *17* cu două subcomitete, instalații electrice la bordul navelor *18* cu un subcomitet, motoare cu ardere internă *19*, cabluri electrice *20* cu două subcomitete, acumulatoare electrice *21*, convertizoare statice de putere *22* cu trei subcomitete, respectiv două comitete de experți și un subcomitet, accesorii electrice *23*, mărimi și unități electrice și magnetice *24*, simboluri literale și semne *25* cu un comitet de experți, sudură electrică *26* cu un comitet de experți, încălzire electrică industrială *27*, coordonarea izolației *28*, electroacustică *29* cu un subcomitet, respectiv un comitet de experți, tensiuni foarte înalte *30*, material electric pentru atmosfere explozive *31* cu șapte subcomitete, siguranțe cu fuzibile *32*, condensatoare de putere *33*, lămpi și echipamentul lor accesoriu *34* cu patru subcomitete, pile electrice *35*, izolatoare electrice *36* cu două subcomitete, deseărcătoare *37*, transformatoare de măsură *38*, tuburi electronice *39* cu un subcomitet, condensatoare și rezistențe de echipament electronic *40*, relee de protecție *41*, tehnica încercărilor la înaltă tensiune *42*, ventilatoare electrice *43*, echipamentul electric al mașinilor-unelte *44*, instrumente electrice de măsură în legătură cu radiațiile ionizante *45*, cabluri, fire și ghiduri de undă pentru echipamentul de telecomunicații *46* cu trei subcomitete, componenți electromecanici de echipament electronic *48*, cristale piezoelectrice și anexele lor *49*, încercări climatice și mecanice *50* cu două subcomitete, materiale feromagnetice *51*, circuite imprimate *52*, calculatoare și aparate de prelucrarea informației *53*, cu patru subcomitete, frigidere de uz casnic *54* cu un comitet de experți și sîrmă de înfășurări *55*. CEI mai are, respectiv participă la Comitetul consultativ pentru electronică și telecomunicații (ACET), grupul consultativ pentru probleme de securitate (APSM), Comitetul internațional special pentru perturbații radioelectrice (CISPR) și Comitetul internațional mixt pentru materialul de tracțiune electrică (CMT). Peste jumătate din aceste comitete se ocupă de probleme de energetică, respectiv în corelație strînsă cu energetica.

Reuniunile generale CEI din anii 1947—1961 s-au ținut în următoarele țări: Elveția, Suedia, Italia, Franța, Portugalia, Olanda, Iugoslavia, Statele Unite, Regatul Unit, Germania, Uniunea Sovietică, Suedia, Spania, India și Elveția.

CEI a elaborat pînă în anul 1961 un total de 124 de recomandări internaționale, care au fost publicate. Țările membre adoptă prevederile lor în standardele naționale, pe măsură ce industria lor poate satisface exigențele acestor prevederi. Astfel, în țara noastră, în intervalul 1956—1961, adică de cînd este din nou membră CEI, 21 standarde au adoptat integral 11 recomandări CEI; 24 standarde au adoptat parțial 16 recomandări CEI, iar 12 standarde reflectă părți din 8 recomandări CEI. Numeroase alte recomandări CEI stau la dispoziția specialiștilor noștri din producție, pentru a orienta în conformitate cu ele nivelul produselor noastre. Ele privesc unificarea nomenclaturii, adoptarea de mărimi și unități de măsură, cu simbolurile și abreviațiile lor, standardizarea sistemelor de unități și simbolurilor grafice pentru diagrame, cum și standarde pentru echipament electric și materiale electrice și magnetice, pentru metode de încercare, calitate, securitate, dimensiuni și interschimbabilitate în domeniul mașinilor și aparatelor

de curenți tari și slabi, inclusiv electronica și informația, iar mai nou și probleme în corelație cu tehnica nucleară.

În cursul reuniunii generale de la București se vor întruni în perioada 25 iunie — 7 iulie 34 de comitete tehnice, subcomitete și comitete de experți cum și Consiliul CEI, Comitetul de acțiune și Comitetul consultativ pentru probleme de securitate (APSM). Vor lucra următoarele comitete, subcomitete și comitete de experți: nomenclatură, mașini electrice rotitoare, dimensiunile periilor de cărbune, mărimile mașinilor electrice, tensiuni, curenți și frecvențe standard, aparate de întrerupere, aparataj de înaltă tensiune, aparataj de joasă tensiune, cabluri electrice, cabluri izolate cu hîrtie, cabluri de joasă tensiune izolate cu cauciuc sau P.C.V., convertizoare statice de putere, convertizoare cu vapori de mercur, convertizoare cu semiconductori, ignitroane și excitroane, mărimi și unități electrice și magnetice, simbolurile literale și semne (în comitet tehnic și de experți), coordonarea izolației, tensiuni foarte înalte, material electric pentru atmosfere explozive, material cu izolant pulverulent, condensatoare de putere, pile electrice, izolatoare electrice, deseărcătoare, relee de protecție, tehnica încercărilor la înaltă tensiune, cabluri, fire și ghiduri de unde pentru echipamente de telecomunicații, cabluri pentru frecvențe radioelectrice și dispozitive accesorii, cabluri și fire pentru joase frecvențe, frigidere de uz casnic și fire de înfășurări. Cele mai multe dintre aceste organe de lucru abordează deci probleme în strînsă legătură cu energetica.

În cursul reuniunii, participanții — aproximativ 700 de străini și peste 100 de romîni — vor vizita obiective industriale importante, create, reorganizate sau reutilate în ultimii 14 ani, la București, Craiova, Brazi și alte localități din țară, cum și obiective privind arta și cultura țării noastre.

Formula pierderilor şi „optimizările de scheme şi regimuri" pe un drum nou. Aplicarea „analizei nodale" cu imagini reprezentative

*PAUL DIMO** — București

În publicațiile anterioare am arătat posibilitățile totale ale analizei zise „nodale", în cercetarea mărimilor ce rezultă într-un nod plasat într-un sistem electroenergetic complex (puteri, tensiuni, faze etc).

Imaginea grafică a „nodului" apare ca o privire făcută din acel nod asupra întregului sistem, deoarece redă fidel influența pe care o au toate elementele din sistem asupra regimului nodului reprezentat [2, 6]. Posibilitățile de a raționa cu ajutorul unei asemenea imagini simple pot fi extinse la cele mai complexe probleme și structuri de rețele [1,2,3,4, 5,6...].

Vom arăta în cele ce urmează cum se poate ataca complicata problemă a formulei pierderilor și a optimizărilor schemei și a regimurilor, atît de discutată azi [7,8,9,10,11,13], cu ajutorul acelorași scheme echivalente radiale și păstrînd imaginile „nodale" pentru orientarea problemei.

Presupunem problema generală a pierderilor în rețele cunoscută în stadiul ei actual.

Reamintim interesul obținerii unei formule simple pentru pierderi, cum este formula lui George, cu coeficienții constanți (B):

$$\text{Pierderi} = \sum\sum B_{mn} \cdot P_m P_n \qquad (1)$$

în care:

P_m și P_n sînt puterile centralelor din sistem, iar B_{mn} — coeficienții care înmulțesc produsul lor.

Asemenea formule sînt singurele aplicabile ușor în practică, deoarece la schimbarea puterilor pe centrale, în multiplele regimuri ce trebuie cercetate, pierderile și derivatele lor sînt obținute cu multă ușurință, fără o detaliere a regimului respectiv.

I. Nodul unic echivalent al întregii sarcini a sistemului

În ecuațiile nodului pe baza cărora se construiesc „imaginile" apăreau separat toate elementele din sistem care ar fi putut avea importanță în variația mărimilor în nodul respectiv. Astfel apăreau curenții de scurtcircuit ai generatoarelor legate direct, care debitează toată puterea în nod, și ai celor plasate undeva în rețeaua complexă care debitează numai o cotă din putere. Apăreau sarcinile locale din nodul respectiv și sarcinile echivalente din oricare alt nod al rețelei reduse la nodul reprezentat etc. [1, 2].

În cercetarea pierderilor în rețea problema poate fi simplificată prin reducerea unui nod unic în care se consideră localizată întreaga sarcină [8], [9] etc.).

Toate nodurile sînt grupate în noduri „generatoare" și noduri „consumatoare"; acestea din urmă sînt apoi înlocuite cu un nod unic echivalent (fig. 1).

Schema nouă echivalentă pe care o vom stabili pleacă deci de la considerația cunoscută a sarcinii „conforme" în toate nodurile. Schimbarea repartiției sarcinii pe generatoare nu schimbă repartiția sarcinii în nodurile consumatoare, în care se convine că sarcinile individuale variază liniar cu sarcina totală.

Dăm mai jos mersul operațiilor pentru reducerea schemei plecînd de la un *regim cunoscut* la schema radială (în stea) simplă, utilizată în analiza nodală, care permite reprezentarea nodurilor prin curenții lor de scurtcircuit [1, 2 etc.] denumită schema „REI"**.

1) Se scrie pentru schema reală matricea $|Y_c|$ pentru toate nodurile, indiferent dacă sînt generatoare sau consumatoare. Această

* P. Dimo este inginer specialist la I.S.P.E.

** REI = Radial, echivalent, independent.

matrice corespunde ecuațiilor de forma $|I| = |Y_c| \times |V|$, în care $|V|$ este matricea tensiunilor tuturor nodurilor, iar $|Y_c|$ matricea legăturilor dintre ele. Se știe că scrierea acestei matrice este foarte simplă.

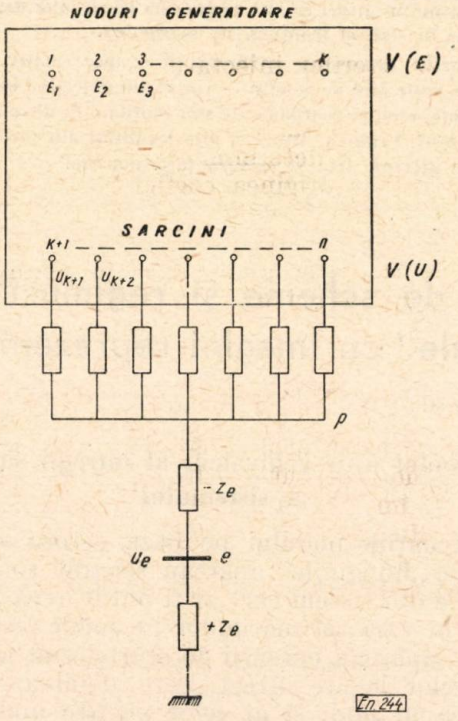


Fig. 1. Formarea nodului echivalent e al sarcinii localizate unice.

2) Se calculează impedanța echivalentă a întregii sarcini. Pentru aceasta se calculează curentul total adunat vectorial al tuturor sarcinilor $\bar{I}_e = \sum \bar{I}$. Această impedanță $\bar{Z}_e$ se determină din relația care arată că ea consumă o putere egală cu sarcina totală a sistemului:

$$W_s = I_e^2 \bar{Z}_e \qquad (2)$$

în care $W_s = P_s + jQ_s$ este sarcina totală a sistemului, iar I_e modulul vectorului curentului total.

3) Se formează schema reprezentativă din figura 1, în care s-au adăugat impedanțele echivalente sarcinilor în regimul cunoscut (regimul de bază). În serie cu fostul nul, se adaugă impedanța $-Z_e$, apoi $+Z_e$, în așa fel încît în schema reală nu se schimbă de fapt nimic.

II. Calculul admitanțelor sistemelor REI. Sistemul REI al sarcinii unice echivalente

Mai departe trebuie să se determine admitanțele echivalente care leagă nodurile direct între ele și care formează sistemele radiale. Aceste sisteme radiale, după cum am văzut [1,2 etc.], pot fi considerate sisteme independente dacă ne limităm la cercetarea mărimilor din nodul central al unui asemenea sistem. Pentru determinarea admitanțelor echivalente necesare formării sistemelor REI procedăm după cum urmează:

1) În matricea $|Y_c|$ se adăugă nodul p, legat cu admitanțele sarcinilor, și nodul e, cu tensiunea U_e, completînd matricea respectivă. Se elimină pe rînd toate nodurile sarcinilor și nodul p, conform procedeului arătat în anexa I cazul 2, și se obține noua matrice $|Y_c|$. Eliminarea se face ușor cu o mașină cifrică comportînd, după cum se vede în anexa I, operații simple, repetate.

2) Fiecare rînd al noii matrice conține admitanțele unui sistem REI (anexele I și II). Noua matrice conține deci admitanțele necesare pentru imaginile tuturor nodurilor și pentru imaginea nodului central funcție de curenții de scurtcircuit (vectorii $\bar{Y}\bar{E}$) în regimul de bază. Fiecare rînd al matricei reprezintă admitanțele corespunzătoare nodului respectiv (anexele I și II).

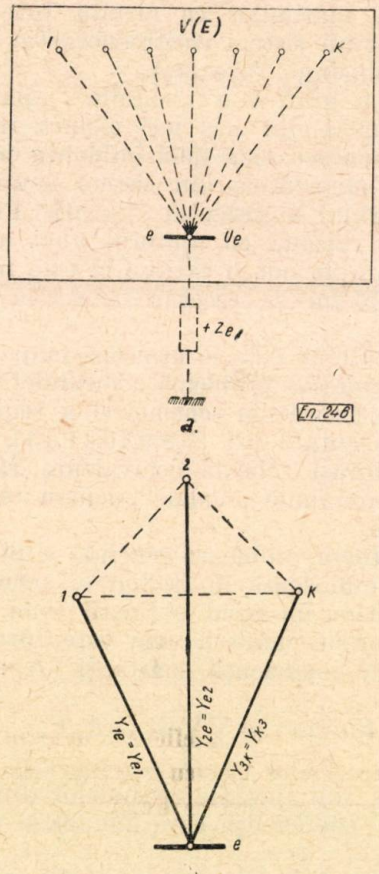


Fig. 2. Schema REI:
a – schema de principiu echivalentă pentru nodul central e; *b* – (cu linii pline) schema echivalentă a nodului central; (cu linii punctate) schema echivalentă a legăturilor dintre nodurile „generatoare".

3) Schema REI poate fi reprezentată conform figurii 2, *b* pentru nodul central e. Dacă s-ar căuta variația mărimilor numai în

nodul echivalent al sarcinii e, utilizînd tensiunile aplicate sistemului ($E_1\ E_2 \ldots E_k$), am folosi numai schema REI a nodului e. Dacă se cercetează variația mărimilor în alt nod, de exemplu nodul *1*, atunci se cercetează schema REI cu nodul *1* ca centru și ramurile directe către celelalte noduri *1—2*; *1—k*; *1—e*, figurate cu linii pline în figura 4 A-*c* din anexă. Oricare din aceste scheme REI permite dresarea „imaginii nodale" prin reprezentarea grafică a mărimilor vectoriale $\overline{YE}$ denumite cu termenul generalizat de curenți de scurtcircuit (anexa III).

4) În unele metode, în care în general se utilizează ecuațiile de forma $|V| = |Z_0| \cdot |I|$, se obțin de asemenea (anexa II cu exemplul de calcul) noduri unice ale sarcinii cu centre echivalente. Dacă există matricea $|Z_0|$ cunoscută pentru un sistem cu centru echivalent, matricea $|Y_c|$ utilizată de noi poate fi dedusă prin determinarea unor regimuri simple aplicînd pe rînd cîte o tensiune egală cu 1, așa cum se arată în anexa 2.

III. Determinarea pierderilor localizate în ramurile radiale ale schemei REI pentru regimul de bază

1) Schema REI a nodului echivalent unic al sarcinii cu ramurile sale radiale nu conține decît o parte din pierderi prilejuite de curenții ce circulă în schema reală. Vom calcula pierderile în primul rînd pe fiecare din aceste ramuri ale nodului central (exemplul din anexa II), întrucît aceste pierderi alcătuiesc în multe cazuri marea majoritate a pierderilor totale.

2) La aceste pierderi urmează să se adauge pierderile din toate ramurile radiale prilejuite de curenții ce circulă în schema echivalentă între nodurile „generatoare" (care nu alimentează sarcina).

3) Toate aceste pierderi se determină pentru regimul de bază cu tensiunile cunoscute ale nodurilor și cu noile admitanțe ale schemei echivalente și păstrînd în formule vectorii $\overline{YE}$ pentru fiecare ramură care permit reprezentări grafice (vezi anexa II).

IV. Determinarea coeficienților constanți B și a pierderilor pentru regimuri diferite de cel de bază

Se știe că problema ce se pune este de a găsi pierderile și derivatele lor parțiale față de puterile generatoarelor pentru alte regimuri decît cel de bază pe baza unor formule simple, fără calcularea regimului nou respectiv, formule care să conțină ipoteze cît mai apropiate de cele corespunzătoare regimurilor fizice reale și care să cuprindă numai puterile ce variază (ale centralelor).

Se pleacă de la observația că schema nouă a sistemului cu sarcină unică localizată conține un număr de ramuri egal cu numărul coeficienților constanți B_{mn} din formulele curente de pierderi.

Pierderile localizate în aceste ramuri sînt egale ca număr și variază exclusiv cu condițiile de la cele două capete, care depind direct de variația puterilor injectate în nodurile respective.

Pierderile localizate în ramurile sistemelor radiale, odată determinate pentru regimul de bază, stau la originea coeficienților constanți, prin stabilirea formulei ce conduce la determinarea variației acestor pierderi atunci cînd se schimbă puterile injectate în nodurile din capete față de regimul de bază.

Se vede de aici că, la stabilirea legilor de variație a pierderilor localizate în ramuri, respectarea legilor fizice reale după care evoluează regimurile poate fi introdusă prin raționamente reduse la modelul cel mai elementar : un conductor independent de alte circuite cu anumite condiții impuse la capete, conductor ce face parte din sisteme simple REI, care pot fi considerate la rîndul lor independente între ele (varianta II și anexele III și IV).

Cercetarea atentă a condițiilor în care se desfășoară procesul în ramuri și în sistemele REI poate arăta că numai anumite părți ale sistemului contează, de exemplu sistemul REI al nodului central, în alte ramuri putîndu-se recurge la mari simplificări în stabilirea formulelor dacă pierderile sau variația lor sînt neglijabile.

Raționamentul complet și aplicarea unor formule mai exacte se pot astfel restrînge numai la o parte din schemă, care apare, după cercetarea regimului de bază, ca importantă, așa cum se propune în varianta II. Astfel, în exemplul din anexa II, pierderile principale sînt localizate în sistemul REI al sarcinii unice (peste 90 %). Acest lucru se întîmplă în majoritatea cazurilor și este firesc, principala circulație de curenți făcîndu-se pe ramurile ce alimentează sarcina. Dar, mai mult, în acest sistem pierderile majore sînt ale unei singure ramuri 1-*e* (18,8 MW din totalul de 21,5 MW în regimul de bază, vezi anexa II), fapt care, odată constatat din examinarea regimului de bază pe schema echivalentă, poate fi utilizat (vezi varianta II).

V. Varianta I cu calcul redus. Pierderile localizate proporționale cu puterile

Pierderile într-o ramură ce leagă două noduri pot fi scrise sub următoarele forme :

$$p_{12} = R_{12} I_{l-12}^2 = \frac{R_{12} P_{12}^2}{E_1^2 \cos^2 \varphi_1}, \qquad (3)$$

unde :

I_{l-12} este curentul ce pleacă pe linia 1—2 din punctul 1 ;

P_{12} — puterea ce pleacă din nodul 1 spre 2, iar

φ_1 — unghiul factorului de putere în nodul 1.

Analog cu mărimile din nodul 2 :

$$p_{12} = R_{12} I_{l-21}^2 = \frac{R_{12} P_{21}^2}{E_2^2 \cos^2 \varphi_2} \qquad (4)$$

sau considerînd că $I_{l-12} = I_{l-21}$ întotdeauna :

$$p_{12} = p_{21} = \frac{R_{12} P_{12} \cdot P_{21}}{E_1 E_2 \cos\varphi_1 \cos\varphi_2} \qquad (5)$$

R_{12} fiind rezistența impedanței $\bar{Z}_{12} = \frac{1}{Y_{12}}$.

Prima ipoteză ce poate fi considerată este aceea că puterile ce pleacă sau sosesc la un nod prin oricare din ramurile legate la el rămîn proporționale cu puterile injectate în nodul respectiv.

În cazul acesta formula 5 devine (R_{12} constant) :

$$p_{12} = p_{21} = \frac{K P_1 P_2}{E_1 E_2 \cos\varphi_1 \cos\varphi_2} \qquad (6)$$

Dacă și E_1, E_2, cos φ_1, cos φ_2 au variații neglijabile, atunci se poate scrie :

$$p_{12} = p_{21} = b_{12} P_1 \cdot P_2 ; \; b_{12} = \frac{K}{E_1 E_2 \cos\varphi_1 \cos\varphi_2} \qquad (7)$$

unde b_{12} = constant.

Pierderile totale rezultă în acest caz din o simplă însumare de termeni identici cu 7. Termenii b_{12} pentru fiecare ramură se stabilesc simplu din pierderile localizate ale regimului de bază :

$$b_{12} = \frac{p_{12\,bază}}{P_{1\,bază} \cdot P_{2\,bază}} . \qquad (8)$$

Coeficienții B_{mn} sînt chiar termenii b_{12}, dacă se consideră și puterea totală a nodului unic. Această putere poate fi eliminată și formula pierderilor poate fi stabilită numai cu puterile centralelor, așa cum vom proceda mai jos.

VI. Aplicarea variantei I — cu pierderile localizate proporționale cu produsele puterilor pentru sisteme buclate

Aplicarea variantei I convine în cazul cînd se respectă anumite situații fizice în variația regimurilor, pe care le vom explica după parcurgerea unei aplicații redate în detaliu în anexa II, pentru ușurarea expunerii.

Sistemul buclat pentru care s-a stabilit o formulă de pierderi pe calea aproximativă a variantei I este cel arătat în figura 3 și anexa II, cu 6 noduri, 3 generatoare și 3 consumatoare, a cărei examinare s-a făcut și prin metoda HTH (Hockeman, Toalston, Harker) în [8]. Prin metoda HTH se găsesc determinați o serie de coeficienți B ($P_{bază} = 100$ MW), și anume [8] :

$$B_{11} = 0{,}05349765 ; \; B_{12} = 0{,}01341798 ;$$

$$B_{22} = 0{,}01669987 ;$$

$$B_{1k} = 0{,}00257730 ; \; B_{2k} = 0{,}00203339 ;$$

$$B_{kk} = 0{,}02024735.$$

Pentru a stabili la rîndul nostru coeficienții B similari, raportați numai la puterile centralelor, facem ipoteza că curentul nodului central echivalent este proporțional cu puterea totală ce intră în schemă ($P_1 + P_2 + P_k$ în cazul exemplului din anexă, cu 3 bare generatoare). În acest caz coeficienții b_{12} pentru ramurile nodului echivalent central devin :

$$b_{me} = \frac{P_{me\,bază}}{(\Sigma P_{bază}) \cdot P_{m\,bază}} .$$

În cazul cînd se modifică puterile generatoarelor, valoarea nouă a pierderilor pe ramura me devine :

$$p_{me\,nou} = b_{me} \left(\sum P_{nou}\right) P_{m\,nou} . \qquad (9)$$

Rezultă că pierderile noi pe ramurile către nodul central conțin fiecare din termenii parantezei, termenii : P_m, P_n, în care n este indicele tuturor generatoarelor. Din cele de mai sus rezultă că termenii de tipul B_{mm} sînt chiar :

$$B_{mm} = b_{me} , \qquad (10)$$

deoarece puterile înmulțite cu ele înseși (P_m^2) apar numai în formula (9). Termenii B_{mn}, cu $m \neq n$, rezultă din însumarea termenului b_{mn} cu cei doi termeni ce rezultă din p_{me} și p_{ne}, adică :

$$2B_{mn} (m \neq n) = B_{mm} + B_{nn} + b_{mn} \qquad (11)$$

($2B_{mn}$, deoarece $B_{mn} = B_{nm}$, iar sus s-a scris

$B_{mn} + B_{nm}$).

Cu aceste formule s-a calculat, conform anexei II, o altă serie de coeficienți B pentru

sistemul luat ca exemplu în studiul HTH și s-a găsit ($P_{bază} = 100$ MW), conform anexei II :

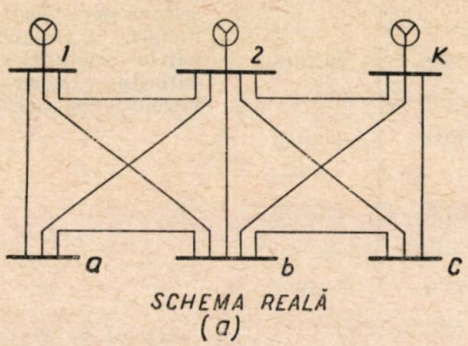
$$B_{11} = 0{,}030983287\ ;\quad 2B_{12} = 0{,}051047859\ ;\quad (B_{12} = B_{21})$$

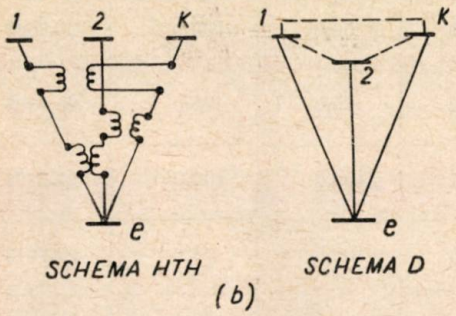
$$B_{22} = 0{,}0028127354\ ;$$

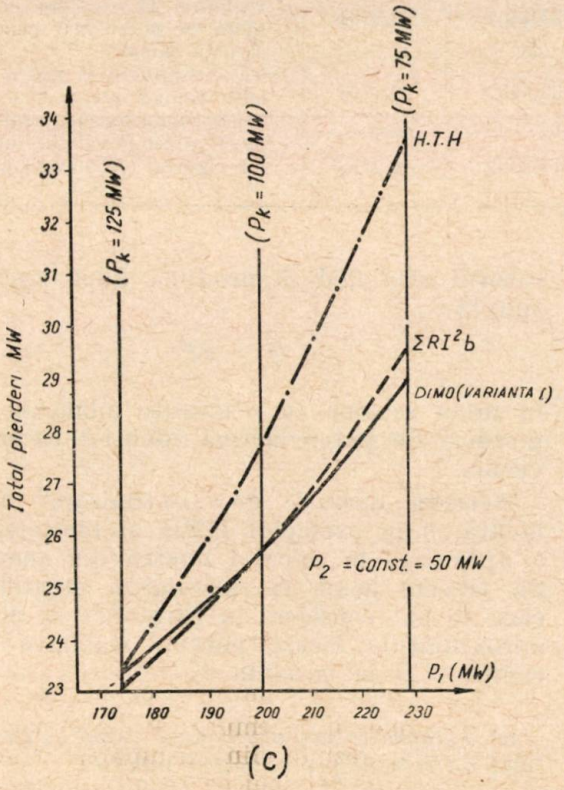
$$2B_{1k} = 0{,}031784449\ ;\quad 2B_{2k} = 0{,}0188198729\ ;\quad (B_{1k} = B_{k1})\quad (B_{2k} = B_{k2})$$

$$B_{kk} = 0{,}0101396649.$$

Volumul de calcul, atît pentru reducerea schemei, cît și pentru determinarea coeficienților B, după cum se vede în anexele I și II, este cel mult comparabil cu al procedeului HTH, dar exactitatea obținută, chiar în această primă ipoteză aproximativă, este mult mai bună. Faptul se datorește în primul rînd schemei simple REI pe care o utilizăm, în care fiecare ramură este independentă, schemă baza-







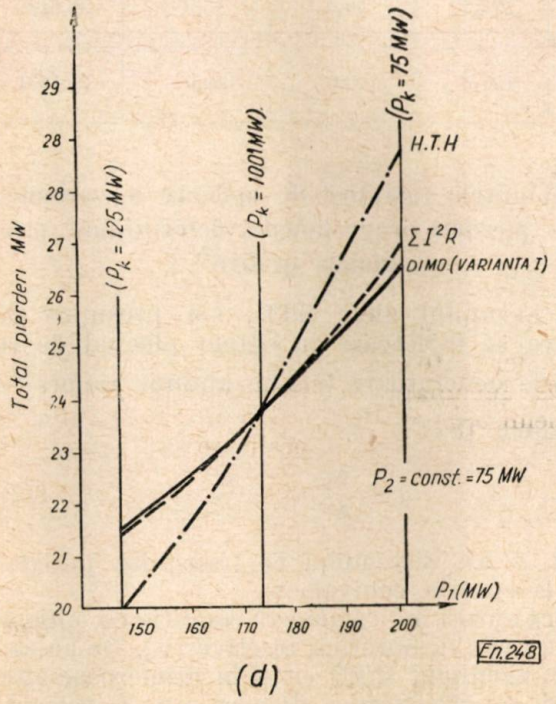


Fig. 3 :

a — schema sistemului cu șase noduri, 132 kV, calculat în anexa II ; *b* — schemele echivalente în metoda HTH și cea propusă aci (*D*) ; *c* și *d* — rezultate comparative între pierderile exacte RI^2, cele obținute în exemplul HTH cu schema în stea arătată și cele obținute cu metoda cu calcul redus propusă în această lucrare (*D*).

În tabela 1 reprodusă după studiul HTH, cu 9 regimuri calculate riguros (RI^2) și cu coeficienții B_{mn} din soluția HTH, s-au adăugat rezultatele care se obțin cu coeficienții B de mai sus, determinați cu ipoteza cea mai simplă (calcul redus).

tă pe ecuațiile din forma $|I| = |Y_c| \cdot |V|$, față de schema HTH în stea, foarte asemănătoare, dar utilizînd ramuri cu influențe mutuale între ele (impedanțele Z_{mn}), după cum se vede în figura 3, *b*, și rezultînd din ecuațiile de forma $|E| = |Z_0|\,|I|$ ([8] și anexa *II*).

Tabela 1

Tabela comparativă de rezultate pentru 9 regimuri

Regimul	Puterea injectată în nodurile generatoare, MW			Calculul exact pe rețeaua reală $\Sigma I^2 R$, MW	Hockman, Toalston, Harker $\Sigma B_{mn} P_m P_n$, MW	Dimo Varianta *I* (calcul redus) $\Sigma B_{mn} P_m P_n$, MW	Observații
	P_1	P_2	P_k				
1 bază	173,6 (173,667)	75,0 (75,170)	100,0 (100,161)	23,7771 —	23,7806 —	— 23,8129	Regimul de bază. Valorile din paranteză sînt cele obținute pe scheme echivalente cu legături radiale. Diferențele față de cifrele originale sînt mici și datorite exclusiv diferențelor introduse de calculul numeric.
2	199,9	50,0	100,0	25,7643	27,7359	25,7215	
3	201,2	75,0	75,0	26,9405	28,7910	26,5126	
4	148,1	100,0	100,0	22,3471	20,5732	21,6779	
5	174,3	100,0	75,0	24,9013	24,7181	24,1661	
6	147,2	75,0	125,0	21,5353	19,9871	21,3879	În regimul 9, cu rezultatul cel mai depărtat, dacă în ramura 1-*e* (cea mai încărcată) se calculează pierderea conform variantei II se găsește o diferență de + 0,6 MW numai în această ramură. Dacă se stabilesc și pentru celelalte ramuri ale nodului central formule exacte, rezultatele pot fi aduse la valorile calculului riguros (RI^2) (varianta II).
7	173,8	50,0	125,0	23,0991	23,4469	23,3904	
8	228,7	50,0	75,0	29,6126	33,6430	28,7003	
9	121,6	100,0	125,0	20,5631	17,2992	19,2756	

VII. Limitele teoretice de aplicare a variantei I (cu pierderi proporționale) determinate prin „analiza grafică"

În exemplul ales, HTH, s-a presupus că puterea se injectează în sistem plecînd de la nodurile generatoare într-un anumit raport $\frac{Q}{P}$ și anume [8]:

$$s = \frac{\Delta Q}{\Delta P} = -\frac{R}{X} \qquad (12)$$

(R și X ale sistemului ce transmite puterea pînă la centrul echivalent).

Mulți autori indică această condiție ca optimă pentru reglajul puterilor reactive [9]. De aceea, atît în exemplul HTH cît și în numeroase alte lucrări se transformă schema într-o schemă echivalentă cu schema reală în ceea ce privește pierderile, dar care menține această condiție. Pentru cazul în care în barele generatoare puterea intră după legea mai generală:

$$Q_g = Q_{fix} + sP \qquad (13)$$

Se adaugă o reactanță (în general negativă) direct la nodul generator care va produce pe Q_{fix} cu tensiunea aproximativ constantă, generatorul rămînînd să producă după legea mai simplă:

$$Q_g = sP \qquad (14)$$

în noua schemă cu reactanțe adăugate și cu pierderi de putere activă identice cu schema veche.

Această operație de „optimizare" a fost făcută și în exemplul HTH și bineînțeles că a apărut și în calculul nostru din anexa II. Să trecem acum la raționarea situațiilor în care se pot considera în formulele de pierderi aproximațiile făcute pentru stabilirea coeficienților B în varianta I.

a) *Imaginile nodurilor dau următoarele indicații de reținut pentru cazul nostru*:

Constatările ce urmează presupun cunoscute „imaginile" nodurilor cu semnificația lor. Anexa III dă unele indicații pentru cei ce nu cunosc acest procedeu (eventual se vor consulta și [1], [2]). Simplitatea acestor imagini face posibilă utilizarea lor, chiar în acest prim exemplu, după o examinare mai detaliată a anexei. Constatările ce pot fi făcute deocamdată pentru o impedanță cu două noduri la cele două capete (vezi fig. 4, *a*), utilizînd căi

simple de geometrie, pe care nu le repetăm aici, sînt:

1) Dacă pentru un nod generator cu tensiune constantă E unghiul curentului I_1 cu curentul de scurtcircuit în gol I_{01} este de 90°, obținem

dantei Z $|\psi$. Din graficul din figura 4, a, unde sensul lui $\overline{I_d}$ este opus sensului lui I_w, rezultă:

$$-\frac{Q}{P} = \operatorname{tg}\varphi = \frac{R}{X}. \qquad (15)$$

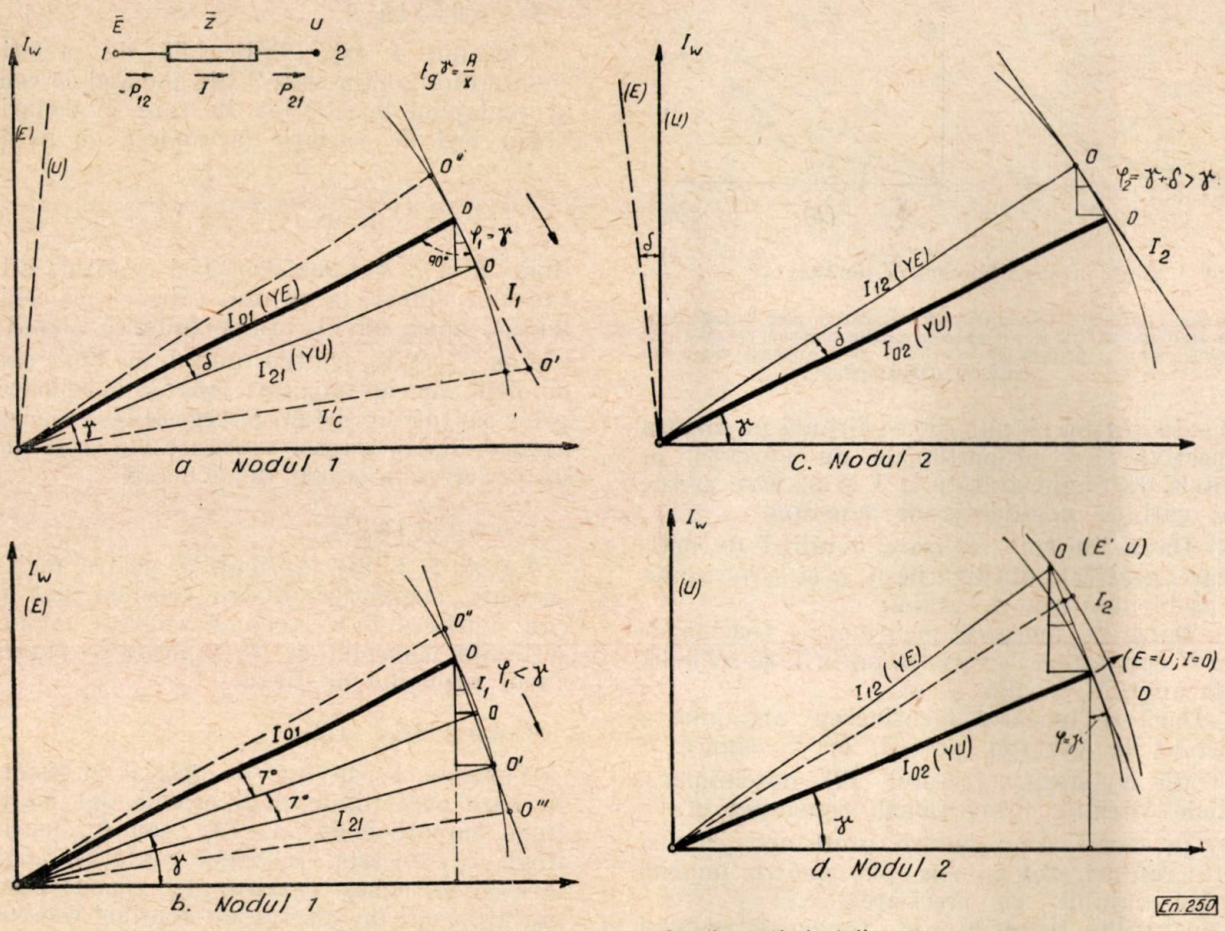


Fig. 4. Reprezentarea unor regimuri „optimizate".

un minimum de variație a tensiunii $\overline{U}$ (a curentului de scurtcircuit $\overline{YU}$ cu $\overline{Y}$ constant) cînd curentul I variază (fig. 4, a).

2) Valorile maxime ale curentului I, pentru care eroarea care se face asupra tensiunii U (vectorului YU) nu trece de $\pm$ 1%, corespund unui unghi δ de circa $\pm$ 7°, pînă la care cercul și tangenta DO' (fig. 4, a) practic se suprapun. Curentul de scurtcircuit presupus este de cel puțin 10 ori mai mare decît curentul sarcinii (I).

3) Dacă se pornește însă de la un regim în care cele două tensiuni la capete sînt egale și diferențiate numai ca unghi cu 14° (+ 7 și — 7°) (fig. 4, b), limitele de variație a curentului pentru menținerea unei erori comparabile cu cazul 2 sînt mai mari.

4) Unghiul dintre I și I_{01} de 90° conduce la concluzia că unghiul φ (al factorului de putere) în nodul generator este egal cu γ. Știm că $\operatorname{tg}\gamma = \frac{R}{X}$ ($\gamma = 90 - \psi$), ψ fiind unghiul impe-

Prin unghiul de 90° graficul arată clar dacă sînt îndeplinite condițiile pentru care acest raport este optim pentru reglajul tensiunilor (vezi și punctele 1,2,3).

5) Dacă întocmim graficul nodului consumator U și introducem condiția de optimizare $\frac{Q}{P} = -\frac{R}{X}$ în nodul generator, rezultă pentru nodul consumator, după cum se vede în figura 4, c:

$$\varphi = \gamma + \delta. \qquad (16)$$

6) Dacă se realizează condiția de optimizare în nodul consumator 2, așa cum se vede pe figura 4, d, în care facem $\varphi = \gamma$ (deci și $\frac{Q}{P} = -\frac{R}{X}$), atunci în nodul generator 1 cu tensiunea E avem:

$$\varphi = \gamma - \delta. \qquad (17)$$

7) Dacă sînt realizate condițiile de optimizare în legătură cu puterile reactive, care se recunosc după unghiul de 90° dintre curent și unul din curenții de scurtcircuit, atunci

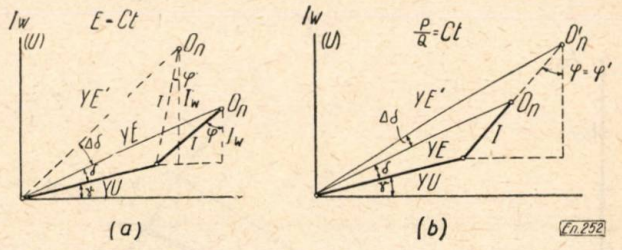


Fig. 5. Regimuri depărtate mult de condiția : $\frac{Q}{P} = -\frac{R}{X}$;

a — se mențin tensiunile U și E constante la variația regimului . Variază φ mult ; *b* — se mențin tensiunea U și φ constante la variația regimului. Variază E mult. În ambele cazuri, în formula pierderilor nu se poate considera aproximația φ = constant și E = constant.

se poate afirma că puterile ce circulă pe ramura respectivă sînt proporționale cu curenții, în limitele de unghi arătate la 1 și 2, care presupun variații neglijabile de tensiune.

8) Dacă nu sînt realizate condiții de optimizare, graficele din figurile 5, *a* și *b*, întocmite în asemenea cazuri, arată :

— Dacă se încearcă menținerea tensiunilor E și U constante la variația puterii, se schimbă mult unghiul ψ (fig. 5, *a*).

—Dacă se încearcă menținerea unghiului φ constant la variația puterii, cu tensiunea U păstrată constant (vectorul $\overline{YU}$ neschimbat), trebuie variată proporțional tensiunea E.

9) În cazul reprezentării unui nod cu mai multe ramuri, tot ce s-a spus pentru imagini rămîne valabil, cu precizarea că :

Concluziile trase asupra tensiunii nodului exterior (opusul celui reprezentat) se referă de rîndul acesta la tensiunea echivalentă a generatorului echivalent exterior nodului reprezentat. Acest generator pentru nodul m are curentul de scurtcircuit egal cu $I_{cm} = \sum \overline{YE}$, adică suma vectorilor YE corespunzători tuturor tensiunilor aplicate sistemului REI cu centrul în nodul reprezentat și considerat ca avînd o admitanță $\overline{Y}_{0m} = \sum \overline{Y}$ și o tensiune $E_{em} = \frac{\sum \overline{YE}}{Y_{0m}}$ [3]. Dacă tensiunile exterioare rămîn neschimbate, acest vector rămîne și el neschimbat. Vectorul I_{cm} ocupă în grafice poziția arătată pentru vectorii care reprezintă curentul de scurtcircuit, adică vectorul I_{21} (nodul 1) sau I_{12} (nodul 2) din figura 4, și raționamentele făcute cu I_{21} pot fi extinse identic în cazul vectorului compus I_{cm}.

10) În cazul variației puterilor într-un nod cu mai multe ramuri, repartiția puterilor pe toate ramurile ce pleacă din nod nu se face riguros proporțional cu puterea injectată în nod, așa cum s-a presupus în varianta I, ci după o lege de repartiție mai complexă, care va fi examinată în varianta II.

Din cele cîteva elemente simple arătate mai sus se pot degaja următoarele condiții care limitează domeniul de aplicare a acestei variante :

Condiția 1

Varianta I este aplicabilă de preferință regimurilor „optimizate" din punctul de vedere al reglajului tensiunilor în care în noduri se obțin legi de variație apropiate de relația :

$$\frac{Q}{P} = -\frac{R}{X},$$

unde R și X sînt rezistența și reactanța admitanțelor adunate la un nod (din schema echivalentă), adică admitanța rezultantă notată de noi cu $\overline{Y}_{0m}(\sum \overline{Y})$, pentru nodul m. Cum aceste condiții de optimizare trebuie îndeplinite în orice caz într-un sistem energetic bine conceput, aplicabilitatea acestei variante din acest punct de vedere este destul de generală.

Condiția II

Varianta I este aplicabilă pentru regimuri în care unghiurile dintre tensiuni sînt mici (nu depășesc 15°). Această condiție revine în a limita domeniul ei de aplicare la puteri în jurul regimului de bază.

Condiția III

Varianta I convine în special în sistemele în care curenții de scurtcircuit sînt mari pe lîngă curenții nodurilor (I_{cm} sau I_{0m} mari pe lîngă I_m). Aceasta deoarece variațiile unghiulare în asemenea sisteme pot rămîne mici la variații mari de sarcini cu tensiuni constante, după cum se poate ușor observa din simpla examinare a unei imagini de nod (dacă mărim curenții de scurtcircuit, la aceeași variație a sarcinii I corespund variații mai mici de unghi). Exemplul HTH, care îndeplinea aproximativ primele două condiții, nu îndeplinește condiția a III-a, în special pe ramura 1-*e*, în care sînt localizate pierderile majore (vezi graficul din anexa 2, fig. 5, *a*) și unde ar fi trebuit introduse corecții conform variantei II.

VIII. Varianta II —exactă— cu dozarea aproximațiilor

a) *Principiile fundamentale ale variantei II*

Această variantă constă în principiu din următoarele operații în plus față de varianta I, operații care sînt efectuate după ce s-au stabilit pierderile localizate în ramurile radiale și după ce s-a întocmit graficul nodului central :

1) Se estimează din mărimea pierderilor pe ramuri și aspectul graficului central care sînt

ramurile cu importanță mare; eventual în această cercetare se stabilesc grafice și pentru alte noduri decît cel central, dacă mai apar și alte sisteme REI cu pierderi mari sau situații care ar trebui cercetate mai detaliat.

2) Pentru ramurile astfel selcționate, cu pierderi mari sau posibilități mari de variație a pierderilor, se întocmesc, raționînd pe sistemele REI, legi mai complete de variație a pierderilor în funcție de puterile active și reactive.

3) Se stabilesc coeficienții constanți aplicînd deci pentru o parte din ramuri legile date de punctul 2, mai apropiate de fenomenele fizice reale, iar pentru celelalte ramuri legea proporționalității curenților cu puterile din varianta I. Pentru acest motiv am denumit această variantă cu „dozarea aproximațiilor".

Din cele de mai sus rezultă următoarele două caracteristici importante ale acestei căi bazată pe aceeași schemă REI:

— În stabilirea legilor de variație a pierderilor pe ramuri, la schimbarea regimurilor se introduce „fenomenul fizic" real prin raționamente directe asupra condițiilor existente în sistemele radiale independente și, în special, în sistemul REI al nodului central, care conține în general majoritatea pierderilor.

— Calculul se limitează ca volum numai la ceea ce se dovedește necesar.

b) *Schema* REI *cu trei noduri pe care se pot examina simplu fenomenele fizice dintr-o ramură radială*

Formula din care rezultă (în membrul 2) curenții ce circulă pe fiecare ramură radială a nodului central este formula curentului I_e al nodului central:

$$\overline{I}_{el} = \sum_{m=1}^{m=k} \overline{Y}_{me}(\overline{E}_m - \overline{U}_e) = \sum \overline{I}_{me} - \sum \overline{I}_{me^\circ} \quad (18)$$

sau:

$$\overline{I}_{el} = \sum \overline{I}_{me} - \overline{I}_{0e}, \quad (19)$$

unde:

$$\overline{I}_{0e} = \sum \overline{I}_{me^\circ} = \sum \overline{Y}_{me} U_e \text{ (vezi anexa III).}$$

În ecuațiile de mai sus (18) reținem în membrul 2 numai termenii aferenți ramurii cercetate, iar restul reprezintă termenii generatorului echivalent g al restului sistemului. Astfel, în cazul cînd ramura ce ne interesează este 1-e, formula (19) devine:

$$\overline{I}_e = \underbrace{\overline{I}_{1e} - \overline{I}_{1e^\circ}}_{\substack{\text{curentul din} \\ \text{ramura 1-}e}} + \underbrace{\sum_{m=2}^{m=k} \overline{Y}_{me}\overline{E}_{me} - \sum_{m=2}^{m=k} \overline{Y}_{me}\overline{U}_e}_{\text{curentul generatorului echivalent } g} \quad (20)$$

Rezultă termenii generatorului echivalent (curenți de scurtcircuit) văzut din nodul e exterior ramurii 1-e, adică exterior nodurilor e și 1:

$$\sum_{m=2}^{m=k} \overline{Y}_{me}\overline{E}_{me} = \overline{I}_{ge}; \quad (21)$$

$$\sum_{m=2}^{m=k} \overline{Y}_{me} U_e = \overline{I}_{ge^\circ}. \quad (22)$$

Dacă notăm $\sum \overline{Y}_{me} = \overline{Y}_{ge}$, din aceste relații se mai scrie:

$$\overline{Y}_{ge}\overline{U}_e = \overline{I}_{ge^\circ}; \quad (23)$$

$$\overline{Y}_{ge}\overline{E}_{ge} = \overline{I}_{ge} \text{ cu } \overline{E}_{ge} = \frac{\sum_{m=2}^{m=k} \overline{Y}_{me}\overline{E}_{me}}{\overline{Y}_{ge}}. \quad (24)$$

unde $\overline{I}_{ge}$ și $\overline{I}_{ge^\circ}$ sînt cei doi vectori ai generatorului echivalent g al restului sistemului (fig. 6 și 7).

Pe cale grafică, curenții de scurtcircuit ai acestui generator ($\overline{I}_{ge}$ și $\overline{I}_{ge^\circ}$) se află extrem de

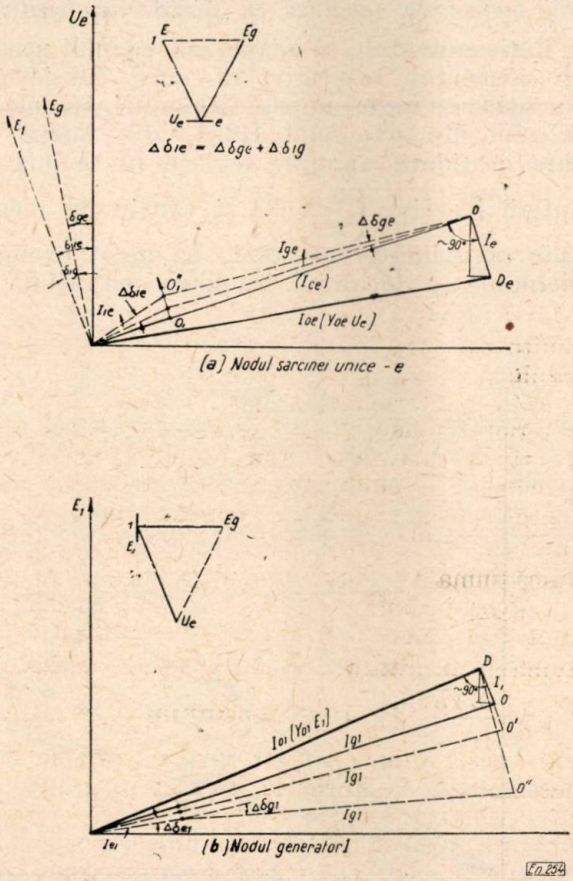


Fig. 6. Sistemul redus la trei noduri. Aspectul schemelor REI în nodul e și în nodul 1 pentru a stabili posibilitățile de variație a curentului pe ramura 1-e.

simplu, dacă se așază vectorul generatorului 1 în origine (fig. 6 și 7). Se unește apoi extremitatea acestui vector (0_1 sau $0_1'$ în fig. 6 *a*)

cu extremitatea lanțului de vectori și se obține curentul de scurtcircuit al restului tensiunilor aplicate, adică vectorul căutat I_{ge} [1]. Pentru I_{ge°, idem, se unește extremitatea vectorului I_{1e° (nu s-a mai desenat pe fig. 6; vezi fig. 7 și anexele III și IV) cu extremitatea D_e a lanțului de vectori I_{me° (curenții de scurtcircuit în gol). Aceste construcții simple reprezintă de fapt însumarea vectorilor din formulele (21) și (22).

În mod identic se obține și generatorul echivalent g văzut din punctul 1 (utilizînd admitanțele Y_{m1} în loc de Y_{me}).

În principiu, dacă se examinează o ramură oarecare m-n, atunci tot sistemul se reduce cu formulele de tipul (18) — (23) (sau grafic) la trei noduri, m, n și exterior g (în care poate intra dacă e cazul și nodul central e). În cazul mașinilor cifrice, observăm că din calculul regimului de bază pot fi reținute în memoria mașinilor cantitățile $\overline{YE}$ necesare aici, ceea ce simplifică esențial operațiile în găsirea generatoarelor echivalente.

c) *Raționarea problemelor pe scheme REI cu trei noduri în legătură cu pierderile localizate*

Raționamentele se adaptează cazului special al sistemului respectiv, în care considerăm condițiile de reglaj impuse în noduri. Să reluăm calculul din exemplul HTH, din anexa II, care consideră anumite reglaje în noduri ale puterii reactive $\left(\frac{Q}{P}=\text{ct.}\right)$ și tensiunile menținute aproximativ constant. În acest exemplu pierderile se localizau în mare majoritate în toate sistemele radiale, vezi anexa II). Reprezentarea grafică a nodului central din figura 5 A-*a* din anexă arată că:

1) Această ramură este cea mai încărcată; curentul ei de scurtcircuit (I_{1e}) iese complet din alinierea curentului de scurtcircuit rezultant (I_{ce}).

2) Curentul de scurtcircuit al acestei ramuri I_{1e} este mic față de curentul ei de sarcină I_{l-1e}.

3) Unghiurile dintre curenții de scurtcircuit ai acestei ramuri sînt relativ mari.

Aceste trei considerații arată că cel puțin pe această ramură nu sînt satisfăcute condițiile care fac exactă aplicarea variantei I (vezi cele 3 condiții de mai sus). Putem aplica pe această ramură o formulă ceva mai exactă, dedusă din examinarea legii de variație a curentului I_{l-1e} care o traversează în cazul schimbării regimului, și anume (anexa IV):

În reprezentarea grafică din figura 7 a nodului 1, curentul I_{l-1e} pe ramura 1-*e* este reprezentat de vectorul D_1O_1 egal cu diferența dintre vectorii $\overline{I}_{1e}-\overline{I}_{1e^\circ}$. Se vede din acest grafic că acest curent poate fi considerat că cuprinde două părți distincte din punctul de vedere al variațiilor în cazul schimbării regimurilor, și anume:

O parte practic constantă: I'_{l-1e}, vectorul $D_1O'_1$ pe figura 7, atîta timp cît tensiunea U_e (vectorul $\overline{Y}_{1e}\overline{U}_e$ pe grafic) și tensiunea E_1 (vectorul $\overline{Y}_{1e}\overline{E}_1$) nu se schimbă mult ca mărime (anexa IV).

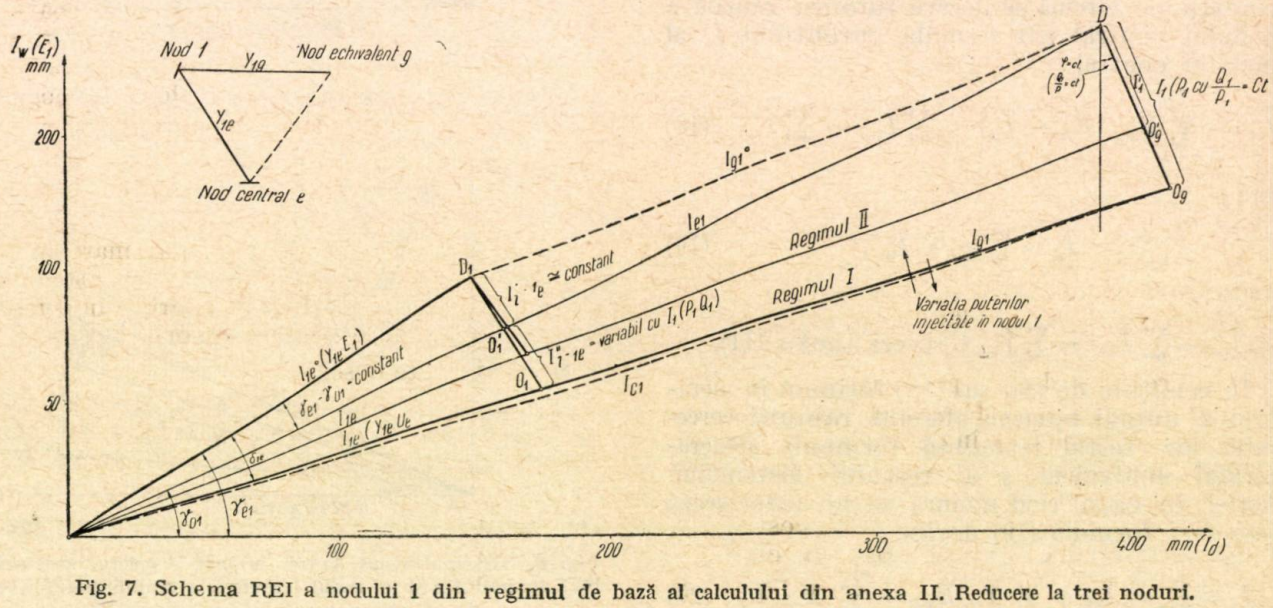


Fig. 7. Schema REI a nodului 1 din regimul de bază al calculului din anexa II. Reducere la trei noduri.

sistemul radial central, iar în interiorul acestui sistem pierderile sînt cele mai mari în ramura 1-*e* (18,77 MW din totalul de 23,77 MW în

O altă parte: I''_{l-1e}, care variază cînd variază curentul și puterea injectată în nodul 1 după legea stabilită în anexa IV, corespunzătoare

condițiilor de reglaj în noduri din exemplul HTH:

$$I''_{l-1e} = a_1 \frac{P_{nou} + \alpha P_{bază}}{1 + \alpha} . \quad (25)$$

De aici rezultă că pierderile pe ramura 1-*e* la rîndul lor vor fi:

$$p_{1e} = b_1 (I'_{l-1e} + I''_{l-1e})^2, \quad (26)$$

în care I'_{l-1e} este o constantă, iar I''_{l-1e} o funcție de puteri de tipul formulei (25).

Considerînd formula (25), p_{1e} se mai poate scrie:

$$p_{1e} = a + b P_1 + c P_1^2 \ (a, b, c, \text{constante}). \quad (27)$$

Să comparăm pierderile care se obțineau pe ramura 1-*e* cu varianta I cu cele care se obțin cu aceste noi formule cu aproximații mai mici (vezi anexa IV) în cazul regimului 9, în care rezultatele se depărtau de cele riguroase.

Varianta I conduce la pierderile localizate în ramura 1-*e* în regimul de bază..... ...la 18,7788 MW.

În regimul 9, care se abate cel mai mult de la calculul exact, în varianta I cu calcul redus (vezi tabloul) pierderile devin pe această ramură:

$$p_{1e} = \frac{18{,}7788}{P_{1\,bază}\, P_{total\,bază}} \cdot P_{1\,nou} P_{total\,nou}$$

$$P_{total\,nou} = P_{total\,bază},$$

deoarece sarcina în nodul *e* nu s-a schimbat:

$$p_{1e\,nou} = 18{,}7788 \frac{P_{1\,nou}}{P_{1\,bază}} = 18{,}7788 \frac{1216}{1736} =$$

$$= 13{,}15 \text{ MW}.$$

Varianta II conduce la pierderi în regimul 9 pe ramura 1-*e* conform formulelor de mai sus (calculul făcut în anexă):

$$p_{1e\,nou} = 13{,}75 \text{ MW}.$$

Se vede de aci că, în varianta II, ramura 1-*e* singură conduce la pierderi în plus de 0,6MW, ceea ce apropie mult rezultatele de calculul riguros (RI^2).

Stabilirea pierderilor pe fiecare ramură a nodului central ținînd seama de condițiile fizice ale proceselor, ca în exemplul de mai sus, apropie rezultatele de cele riguroase. Vom detalia aceste posibilități de a obține rezultate riguroase într-un studiu special al acestei variante. Deocamdată se poate observa că exprimarea variației pierderilor pe ramura 1-*e* în funcție de puterile injectate în nodul 1 (formulele 26 și 27) conduce la stabilirea unor coeficienți constanți în plus. În cazul variantei II poate apărea deci, pe lîngă constantele B_{mn}, o altă serie de constante, și anume: B_0 și B_m; B_0 nu înmulțește puteri, iar B_m înmulțește numai puterea centralei *m*. Astfel pierderile însumate ale tuturor ramurilor pot apărea sub o formă mai complicată:

$$p_{total} = B_0 + \sum B_m P_m + \sum\sum B_{mn} P_m P_n . \quad (28)$$

Această formă va corespunde mai fidel condițiilor fizice în care se desfășoară schimbarea regimurilor și, după cum se vede, poate fi determinată prin căi simple, extinse numai atît cît se consideră necesar în problemă.

Astfel, în exemplul din anexa II se poate determina o nouă serie de coeficienți *B* considerînd variația pierderilor după varianta II numai pentru ramura 1-*e*, ramură care a apărut din regimul de bază ca cea mai importantă în problemă. Pentru restul ramurilor se păstrează legea simplă de variație a pierderilor din varianta I.

Acestă nouă serie de coeficienți *B* dau rezultate și mai exacte decît cele arătate în tabelă și suficiente în rezolvarea problemelor practice. Efortul pentru calculul acesta, mai exact decît primul, reprezintă totuși un minimum pentru rezultatul obținut.

d) *Vectorii coliniari*

Se mai poate observa din formula de pierderi a ramurii 1-*e* că partea practic constantă a curentului I_{l-1e} este nulă (figura 7) dacă admitanțele $\overline{Y}_{01}$ și $\overline{Y}_{1e}$ au același unghi ($\gamma_{e1} = \gamma_{01}$). În acest caz, vectorii $\overline{I}_{e1^\circ}$ și $\overline{I}_{01}$ devin coliniari, și variația curentului $\overline{I}_{l-1^e}$ se reduce la partea lui variabilă $\overline{I}''_{l-1e}$. Această poziție coliniară indică caracteristica omogenă a rețelei și poate fi utilizată în multe împrejurări în cazul raționamentelor pe imagini grafice. Se observă proprietatea importantă a rețelelor neomogene de a prilejui o circulație de curenți ce pot fi considerați constanți (de natura curentului $\overline{I}'_{l-1e}$ pe oricare din ramuri) în condițiile practice de variație a regimurilor.

Acești curenți sînt cu atît mai mari cu cît gradul de neomogenitate al rețelei este mai mare și conduc la mărirea pierderilor în general (se vor examina în studiul viitor).

Se mai poate observa că:

— Aspectul graficului pentru o rețea omogenă conduce la alinierea curenților de scurtcircuit denumiți de noi în gol (anexa III).

— Dacă toate tensiunile exterioare nodului reprezentat aplicate sistemului sînt în fază, atunci se obține și alinierea vectorilor de scurtcircuit cu vectorul curentului de scurtcircuit rezultant, așa cum se arată în figura 8-*a*. Această poziție conduce la minimum de circulație în ramurile exterioare, în cazul nodului central al sarcinii cu tensiunile exterioare aproximativ egale.

Se poate observa că în acest din urmă caz o variație a fazei tensiunii numai în nodul reprezentat m (fig. 8), cu reglaj „optimizat" $\left(\frac{Q_m}{P_m} = \right.$ $\left. = \text{constant}\right)$, conduce la o variație a curenților în toate ramurile, proporțională cu variația puterilor injectate în m din afară.

IX. Recunoașterea pe imagini a caracteristicilor sistemului și regimului și alegerea variantei de calcul

a) *Coliniarizarea vectorilor*

Din raționamentul simplu făcut în cazul precedent, cazul regimului 9 HTH, se poate observa că pentru ca variația unui curent pe o ramură să fie aproximativ proporțională cu variația curentului injectat în nod, cum s-a presupus în varianta I, e nevoie ca partea constantă a curentului ramurii (I'_{l-1e} în fig. 7) să fie practic nulă. Acest lucru revine în cazul imaginilor grafice la egalitatea unghiurilor curenților de scurtcircuit ai ramurilor și ai nodului, adică la obținerea unor vectori cît mai coliniari, ca în figura 8,*a*. Un semn în plus pentru aplicarea variantei I este deci și obținerea unor imagini cu vectori cît mai coliniari pe lîngă cele trei condiții enumerate (unghi de 90° între curenții de scurtcircuit și curentul sarcinii, unghiuri mici, curenți de scurtcircuit mari).

Dar chiar dacă nu avem imagini foarte apropiate de cea ideală (fig. 8), cum a fost cazul exemplului de calcul HTH (fig. 5 A și 6A din anexe), posibilitățile simple de determinare a coeficienților B pentru un anumit interval de variație a puterilor fac din această variantă o cale generală, prin utilizarea mai multor serii de coeficienți B pentru diverse intervale de puteri. Numai în cazul unor studii speciale sau al unor reglaje ale puterilor reactive diferite de cele optime trebuie căutate soluții pe calea variantei II, cu care, pe lîngă raționamente complete și simple, posibile în orice condiții complexe de reglaj, se pot obține și rezultate practic riguroase.

b) *Varianta II* care va fi detaliată într-un studiu viitor pare nimerită în mod deosebit pentru studii speciale, în legătură cu problema optimizării regimurilor, a schemei etc. De asemenea, în cazul unor sisteme electroenergetice în care nu se poate vorbi de un reglaj apropiat al puterilor reactive de formula optimă $\left(\frac{Q}{P} = \right.$ $\left. = -\frac{R}{X}\right)$ și în care nu sînt respectate nici condițiile de unghi (unghiuri mici), se vor putea stabili formule de pierderi, considerînd situațiile fizice care pot rezulta la variația regimului față de regimul de bază. Se vor stabili — prin raționamente — aproximațiile care pot fi introduse, considerînd caracterul fizic al problemei, pe schema simplificată cu trei noduri.

c) *Reducerea schemei* în soluția arătată în ambele variante permite o simplificare în plus atunci cînd nu este necesar să se studieze un regim cu o repartiție precisă a sarcinii și o anumită sarcină totală, ci apropiată de niște valori ce permit abateri cum e cazul în studiile de perspectivă. În acest caz se poate trece la determinarea schemei fără cunoașterea regimului de bază, introducînd impedanțele din figura 1 pe baza unei aprecieri a tensiunii mijlocii a nodurilor cu sarcini. După obținerea schemei REI cu nod central, se va calcula regimul de bază cu sarcina totală pe noua schemă mult mai simplă. Se consideră că tensiunea nodului central rămîne cea evaluată la reducerea schemei.

X. Posibilități noi în problema generală a optimizării schemelor și regimurilor unui sistem electroenergetic

a) *Optimizarea schemei pentru micșorarea pierderilor și îmbunătățirea reglajului*

Schema REI pe care se cercetează situația conține numai legături directe între nodurile în care pot interveni schimbări, legături fără influențe mutuale între ele. Astfel, pentru un anumit nod schema REI se reduce la o simplă schemă radială ce pornește din acel nod pînă în punctele unde se aplică tensiunile, schemă care, după cum am văzut [1 , 2], permite simplificări esențiale în studiul variației mărimilor din nodul respectiv. Sistemul de fapt poate fi cercetat pe o serie de scheme simple în stea, care dau răspuns pe căi elementare în problemele de funcționare. Schema din metoda HTH (exemplul II), care este și ea radială (în stea) pentru nodul central (figura 3, *e*), prezintă avantaje față de căile curente — este oarecum intuitivă și mai ușor de cercetat — dar prezintă dezavantajul existenței impedanțelor mutuale între ramurile stelei echivalente, care complică problema.

În schema REI cu ramuri independente, orice admitanță ce s-ar adăuga între două noduri reale (noduri ce figurează și în schema REI) apare în mod identic ca o admitanță în plus în paralel cu admitanțele existente, ce se adaugă în schema REI. Această corespondență între transformările legăturilor din schema reală între două noduri și cele din schema echivalentă între aceleași două noduri dă o posibilitate directă de a judeca transformările necesare în schema reală. Astfel, în figura 8

este arătată schema echivalentă a sistemului electroenergetic din exemplul HTH, cu circulațiile și pierderile care au rezultat în regimul de bază. Pe figura 8 se poate observa că :

— În bucla *1*, *2*, *k*, cu ramuri laterale între surse, există o circulație de putere activă (0,099 în unități relative) și reactivă, care apare ca

b) *Optimizarea regimurilor — Coliniarizarea vectorilor*

După cum am văzut, aspectele graficelor dau răspunsul la această problemă. Unghiul de 90° al curentului injectat, vectorii coliniari, unghiurile mici între vectori etc... etc. sînt aspecte care trebuie cercetate.

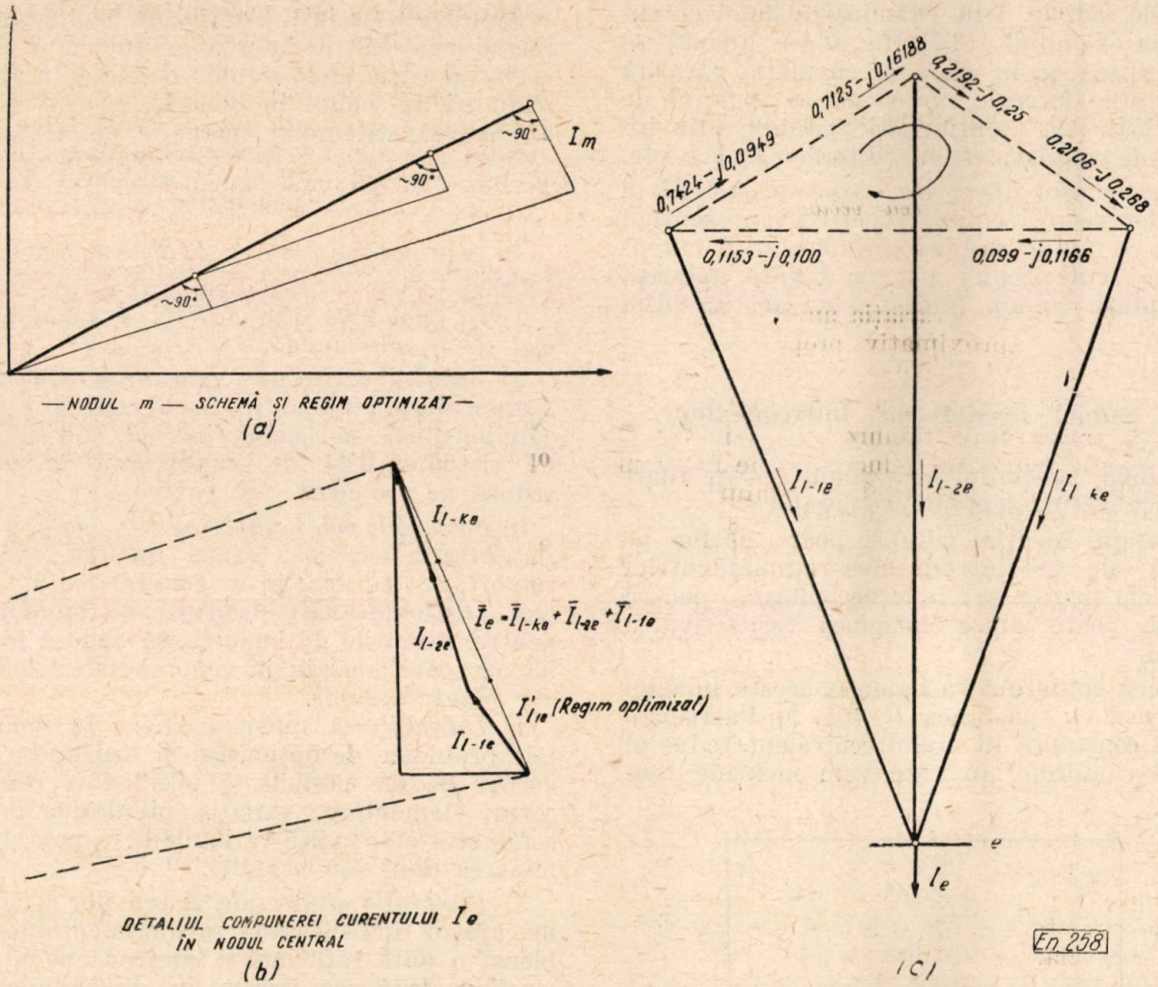


Fig. 8 :

a — aspectul unui nod într-un sistem omogen $\left(\frac{R}{X} \text{ egal pentru toate ramurile}\right)$; curenții de scurtcircuit în gol rezultă aliniați ; În plus, dacă sînt în fază tensiunile exterioare, curenții de scurtcircuit rezultă aliniați ; *b* — curentul sarcinii I_e și componentele lui din ramurile echivalente ale nodului central. Micșorarea modulului acestor componente optimizează regimul (alinierea) ; *c* — Schema echivalentă a sistemului HTH din anexa II, cu circulațiile care au rezultat din calcul în ramurile exterioare. Se observă în regimul de bază o circulație de 0,099 în unități relative de putere activă, în cerc între nodurile generatoare, inutilă alimentării sarcinii. Prin modificări de reglaj poate fi eliminată.

parazită și care ar trebui eliminată, întrucît are același sens prin toate cele trei ramuri laterale, *1—2*, *2—k* și *k—1*, și nu alimentează sarcina. Trebuie cercetate mijloacele de reglaj al tensiunilor în noduri sau pe ramurile reale dintre nodurile *1*, *2* și *k* (autotransformatori, reglaj de unghi), pentru eliminarea acestei circulații parazite.

— Pierderile localizate mai indică o încărcare deosebită a ramurii 1-*e*. Se va cerceta în sistemul real dacă nu se pot întări legăturile nodului 1 către sarcină sau dacă nu se pot face alte transformări care ar micșora aceste pierderi.

Elementul principal dacă căutăm minimum de pierderi rămîne în general „coliniarizarea vectorilor" ce reprezintă curenți sau curenți de scurtcircuit. În figura 8,*b* este arătat aspectul curentului I_e al sarcinii unice ce se compune din trei curenți a trei ramuri echivalente. Dacă rotind vectorii curenților de scurtcircuit ai celor trei ramuri (deci variind tensiunile ca modul și fază) putem alinia acești vectori în pozițiile coliniare cu I_e din figura 8, *b*, se poate ușor demonstra că obținem un regim „optimizat" deoarece :

$$RI^2_{\text{aliniați}} < RI^2_{\text{în linie frîntă}}$$

Pierderile minime se obțin aliniind vectorii ce reprezintă curenții pe ramuri cu curentul nodului, și acest lucru trebuie făcut în special pe ramurile unde pierderile localizate sînt mari, cum e cazul ramurii 1-*e* în exemplul HTH. Se mai pot găsi și rapoartele optime între mărimea vectorilor astfel aliniați considerînd rezistența echivalentă a ramurilor la fel de simplă ca în sistemele radiale. Din examinarea liniei curenților din exemplul HTH (fig. 5 A-*c* anexă) se poate afirma că, în afară de circulația parazită pe ramurile laterale observată în regimul de bază, mai sînt „optimizări" posibile prin încercări de coliniarizare a vectorilor *1* și *k* etc.

Se poate ușor observa că aspectul special al diverșilor vectori coliniarizați (cei reprezentînd curenți pe ramuri sau cei corespunzători curenților de scurtcircuit) pot da bogate indicații și orientări. Ne-am limitat a da aci un prim aspect.

XI. Sarcini neconforme. Interconexiuni

Sarcinile „neconforme" rămîn ca în toate metodele noduri generatoare negative.

Avantajul esențial care se poate obține pe această cale este introducerea raționamentelor de detaliu pentru sarcinile neconforme, pentru care se poate dresa imaginea respectivă a nodului.

Sarcina conformă va figura în aceste imagini ca un nod cu tensiunea U_e (fig. 9). Păstrînd o sarcină constantă în nodul echivalent redus al sarcinii conforme, în care vom menține tensiunea U_e constantă, putem face studii în legătură cu influența sarcinii neconforme asupra regimurilor, pierderilor și chiar stabilității sistemului, prin aplicarea metodelor arătate în cazul sistemelor radiale [1, 2 etc.] Sînt în special interesante studii de acest gen atunci cînd trebuie găsit locul „optim" al unui consumator important, care va putea fi introdus în diverse locuri în schemă (nodul *f* în fig. 9). Se vor cerceta apoi efectele acestei introduceri asupra restului schemei.

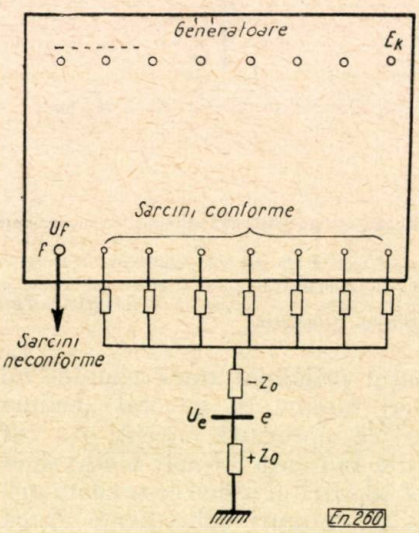


Fig. 9. Păstrarea separată a sarcinilor neconforme.

Asemenea sarcini „neconforme" pot fi considerate și legăturile de interconexiune cu un sistem vecin, al cărui efect trebuie cercetat în diverse regimuri de schimb de energie, cu consecințele lor asupra sistemului energetic cercetat.

Concluzii

În rezumat, se pot detașa următoarele caracteristici :

1) *Se stabilește schema REI a nodului central* pe o cale simplă.

2) *Schema echivalentă rezultantă* conține un sistem simplu radial REI cu centru în nodul sarcinii unice, ca sistem principal, și o altă serie de sisteme REI de importanță în general redusă în problemă.

3) *Formulele pot fi astfel stabilite „dozat"*, după importanța lor, mai exact pentru ramurile importante ce aparțin în general nodului central (sistemul REI central) și aproximativ pentru ramurile de importanță redusă în problemă, care aparțin în general sistemelor REI ale generatoarelor.

4) *Introducerea raționamentelor* în complicatele probleme de optimizări și variație a pierderilor devine posibilă și acestea se reduc la cazuri elementare : variația pierderilor într-un conductor cu condiții variabile la capete și examinarea unui sistem radial.

5) *Imaginile grafice* ale sistemelor REI sînt un ajutor indispensabil raționamentului. Problema o dată rațională și înțeleasă pe o „imagine" poate fi ușor trecută în calcule analitice. Este necesară o oarecare familiarizare cu reprezentările grafice bazate pe curenții de scurtcircuit [1, 2 etc.].

6) *Problemele noi de cea mai mare complexitate* în legătură cu reglajul optim sînt astfel reduse la aspecte elementare, adică la analiza unui sistem independent radial și a condițiilor detaliate din fiecare ramură.

7) *Formulele de pierderi cu coeficienți constanți* (*B*) pot fi astfel stabilite după natura fizică a sistemului energetic și după o analiză a unui prim regim de bază, pentru diverse grade de exactitate după dorință, cumpănind posibilitățile ce stau la dispoziție pentru efectuarea practică a calculului. În general se recomandă variante cu calcul redus care aici sînt de o deosebită simplicitate. În cazurile în care se cere o formulă pentru regimuri cu totul diferite, atunci se pot stabili, în cadrul variantei I,

serii complete de constante B pentru diverse intervale de puteri. Varianta II pare în special interesantă în cazuri speciale sau pentru studii speciale în legătură cu reglajul.

8) *Sistemele foarte dezvoltate* pot fi ușor analizate pe această cale, atît pentru probleme de optimizare a schemei, legăturilor și aparatelor de reglaj, cît și pentru stabilirea formulelor de pierderi și a coeficienților B. Calculatorul numeric este însă indispensabil asociat cu „analizorul grafic". Este de semnalat că pare de un deosebit interes o „automatizare" a analizorului grafic, cu ajutorul căruia se pot stabili apoi simplu schemele echivalente cu trei noduri și imaginile lor și se pot raționa cu o mare simplicitate atunci cînd se caută efectul variațiilor unor mărimi.

9) *Mai semnalăm că această ultimă aplicație* a analizei nodale utilizînd curenții de scurtcircuit, cu imaginile ei caracteristice, arată în mod evident posibilitățile totale ale acestui sistem de analiză, care se reduce, de altfel, după cum am arătat, la utilizarea suprapunerii efectelor [2] cu adoptarea simplificărilor permise în diversele aplicații ale domeniului.

Înainte de a încheia aceste rînduri, țin să mulțumesc colegului Bogdan Ungureanu (ISPE) care cu mult entuziasm a executat primele exemple de calcul cu ajutorul mașinilor electrice CIFA-2 și 3 ale Academiei R.P.R. și mi-a permis astfel verificarea considerațiilor teoretice.

Anexa I

Procedeu de reducere a rețelei pentru obținerea ecuațiilor „nodale"

Cazul I — Reducerea la un nod

Presupunem că avem numai 2 categorii de noduri:

Categoria 1. Noduri generatoare cu tensiune $\overline{E}_m$ cu m variind de la 1 la k.

Categoria 2. Noduri consumatoare cu tensiune $\overline{U}_i$, cu i variind între $k+1$ și n.

Ecuația nodală a nodului i consumator este [1,2]:

$$I_i = \underbrace{\sum_{m+1}^{m=k} \overline{Y}_{mi}\,\overline{E}_m}_{a} - \underbrace{\overline{Y}_{oi}\,\overline{U}_i}_{b}. \qquad (1A)$$

Termenii „a" sînt curenții de scurtcircuit în nodul i dați de forțele electromotoare E_m aplicate.

Termenul „b" este curentul de scurtcircuit „în gol"* [1,2,3]. În toate celelalte noduri consumatoare, cu excepția nodului i, sarcina a fost înlocuită cu o impedanță, ceea ce a permis eliminarea acestor noduri din ecuația 1 A.

Pentru a se obține ecuația 1 A se procedează după cum urmează, utilizînd ecuații de forma $|I| = |Y_c| \cdot |V|$, cu $|I|$ = curenții injectați în noduri:

1) Se scrie matricea $|Y_c|$ pentru rețeaua primitivă și fără diferență între nodurile generatoare sau consumatoare pe care le vom numi în ecuația 2 A ambele cu V, prin simpla inspecție a schemei.

$$|Y_c| = \begin{array}{c|cccc} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 1 & Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} \\ 2 & Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} \\ 3 & Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & Y_{34} \\ 4 & Y_{41} & Y_{42} & Y_{43} & Y_{44} \end{array} \qquad (2A)$$

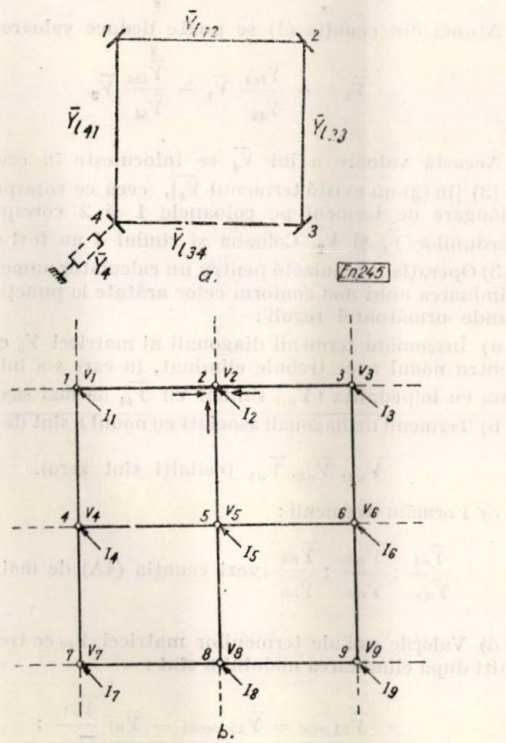


Fig. 1 A. Un sistem cu patru noduri. Sensul pozitiv ales pentru curenți în ecuațiile nodului.

În cazul particular al rețelei din figura 1 A-a termenii matricei ce rezultă din examinarea figurii sînt:

$$Y_{21} = Y_{12} = \overline{Y}_{l12};\ Y_{13} = Y_{31} = 0;\ Y_{14} = Y_{41} = \overline{Y}_{l14}$$

$$Y_{23} = Y_{32} = \overline{Y}_{l23} \text{ etc., iar } Y_{11} = -(\overline{Y}_{l12} + \overline{Y}_{l14}) \ \ldots \text{ etc.}$$

Semnele termenilor presupun că s-a ales sensul pozitiv, sensul curenților ce sosesc către nod din sistem ca în figura 1A-b.

Matricea Y_c rezultă deci:

$$|Y_c| = \begin{array}{c|cccc} & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \hline 1 & -(\overline{Y}_{l12}+\overline{Y}_{l14}) & \overline{Y}_{l12} & 0 & \overline{Y}_{l14} \\ 2 & \overline{Y}_{l1} & -(\overline{Y}_{l12}+\overline{Y}_{l23}) & \overline{Y}_{l23} & 0 \\ 3 & 0 & \overline{Y}_{l23} & -(\overline{Y}_{l23}+\overline{Y}_{l34}) & \overline{Y}_{l34} \\ 4 & Y_{l24} & 0 & \overline{Y}_{l34} & -(\overline{Y}_{l24}+\overline{Y}_{l24}) \end{array} \qquad (3A)$$

* S-a denumit așa căci pentru un nod cu tensiunea U_i, funcționînd în gol, curentul de scurtcircuit corespunde lui: $Y_{oi}\,U_i$.

2) Se elimină nodul în care sarcina este cunoscută şi poate fi înlocuită printr-o impedanţă. Operaţia algebrică se reduce în a exprima curentul nodului respectiv funcţie de admitanţa sarcinii cunoscute şi a obţine expresia tensiunii nodului ce trebuie eliminat. Astfel, dacă ar fi vorba mai sus de nodul 4 :

$$\overline{I}_4 = \overline{Y}_4 \, \overline{V}_4.$$

Dacă înlocuim în ecuaţia (4) (rîndul 4 din matricea 3A) şi trecem în membrul 2 pe $\overline{I}_4$, termenul diagonal al admitanţei devine :

$$-(\overline{Y}_{l14} + \overline{Y}_{l24} + \overline{Y}_4).$$

Să notăm :

$$-(\overline{Y}_{l14} + \overline{Y}_{l24} + \overline{Y}_4) = +\overline{Y}_{44}.$$

Atunci din ecuaţia (4) se poate deduce valoarea lui $\overline{V}_4$:

$$\overline{V}_4 = -\frac{\overline{Y}_{l14}}{\overline{Y}_{44}} \overline{V}_1 - \frac{\overline{Y}_{l34}}{\overline{Y}_{44}} \overline{V}_2. \qquad (4A)$$

Această valoare a lui $\overline{V}_4$ se înlocuieşte în ecuaţiile (1) şi (3) [în (2) nu există termenul $\overline{V}_4$], ceea ce corespunde la o adăugare de termeni pe coloanele 1 şi 2 corespunzătoare tensiunilor $\overline{V}_1$ şi $\overline{V}_2$. Coloana şi rîndul 4 au fost eliminate.

3) Operaţia mecanizată pentru un calculator numeric pentru eliminarea unui nod conform celor arătate la punctul 2 corespunde următoarei reguli :

a) Însemnăm termenii diagonali ai matricei Y_c cu $+\overline{Y}_{nn}$ pentru nodul n ce trebuie eliminat, în care s-a înlocuit sarcina cu impedanţa ($\overline{Y}_{nn}$ similar cu $\overline{Y}_{44}$ de mai sus).

b) Termenii nediagonali asociaţi cu nodul n sînt de exemplu :

$$\overline{Y}_{n1}, \overline{Y}_{n3}, \overline{Y}_{n4} \text{ (ceilalţi sînt zero).}$$

c) Formăm termenii :

$$\frac{\overline{Y}_{n1}}{\overline{Y}_{nn}} ; \frac{\overline{Y}_{n2}}{\overline{Y}_{nn}} ; \frac{\overline{Y}_{n4}}{\overline{Y}_{nn}} \text{ [vezi ecuaţia (4A) de mai sus].}$$

d) Valorile noi ale termenilor matricei Y_{cc} ce trebuie înlocuiţi după eliminarea nodului n sînt :

$$\overline{Y}_{11\,nou} = \overline{Y}_{11\,vechi} - \overline{Y}_{n1} \frac{\overline{Y}_{n1}}{\overline{Y}_{nn}} ;$$

$$\overline{Y}_{13\,nou} = \overline{Y}_{13\,vechi} - \overline{Y}_{n1} \frac{\overline{Y}_{n3}}{\overline{Y}_{nn}} ;$$

$$\overline{Y}_{14\,nou} = \overline{Y}_{14\,vechi} - \overline{Y}_{n1} \frac{\overline{Y}_{n4}}{\overline{Y}_{nn}} ; \qquad (5A)$$

$$\overline{Y}_{33\,nou} = \overline{Y}_{33\,vechi} - \overline{Y}_{n3} \frac{\overline{Y}_{n3}}{\overline{Y}_{nn}} ;$$

$$\overline{Y}_{34\,nou} = \overline{Y}_{34\,vechi} - \overline{Y}_{n3} \frac{\overline{Y}_{n4}}{\overline{Y}_{nn}} ;$$

$$\overline{Y}_{44\,nou} = \overline{Y}_{44\,vechi} - \overline{Y}_{n4} \frac{\overline{Y}_{n4}}{\overline{Y}_{nn}} .$$

Dacă se elimină pe rînd toate nodurile consumatoare, în afară de cel pentru care se caută ecuaţiile „nodale", notat cu i mai sus, se obţin în final, în rîndul i, admitanţele necesare ecuaţiei nodale 1 A. Restul rîndurilor matricei stabilesc aceleaşi ecuaţii pentru nodurile „generatoare" în ipoteza menţinerii unei tensiuni aplicate U_i în nodul i şi a înlocuirii tuturor sarcinilor din celelalte noduri consumatoare cu impedanţe.

Cazul II — Reducerea la un singur nod „echivalent" consumator cu sarcină „conformă"

Să presupunem că pentru diverse repartiţii ale puterilor între nodurile generatoare curenţii consumaţi în fiecare din nodurile „consumatoare" rămîn un procent anumit din curentul total al întregii sarcini.

În acest caz se poate găsi un singur nod, echivalent tuturor nodurilor consumatoare, corespunzînd unei anumite puteri totale consumate, după cum urmează :

a) Se înlocuiesc (în regimul de bază) în toate nodurile „consumatoare" sarcinile cu impedanţe.

b) Nodului format la extremitatea acestor impedanţe (fostul pămînt) i se adaugă o impedanţă $-Z_e$ care consumă puterea totală din toate nodurile dacă trece prin ea curentul adunat vectorial al tuturor nodurilor consumatoare (fig. 2 A).

Se poate observa în figura 2 A că formarea nodului e prin scăderea şi adăugarea impedanţei Z_e nu a schimbat circulaţia de curenţi.

c) Ne oprim la nodul e, cu tensiunea U_e, şi eliminăm — conform procedeului indicat mai sus, în cazul 1 — toate nodurile consumatoare, plus nodul p (fost pămînt).

Obţinem o matrice din care rîndul e ne dă admitanţele ecuaţiei „nodale" a nodului echivalent sarcinii unice :

$$\overline{I}_e = \sum \overline{Y}_{me} \overline{E}_{me} - \overline{Y}_{oe} \overline{U}_e,$$

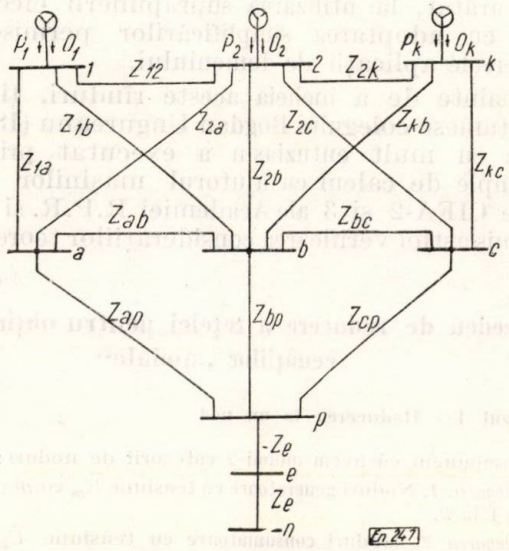


Fig. 2 A. Formarea nodului echivalent e în schema sistemului din exemplul HTH din anexa II.

(în care $\overline{Y}_{oe}$ reprezintă, în notaţiile matricei, termenul diagonal notat mai sus cu Y_{ee} de exemplu în matricea 2A).

Celelalte rînduri ne dau admitanţele de legătură directă între toate celelalte noduri „generatoare", în ipoteza că în nodul echivalent consumaţiei se aplică tensiunea U_e. Se pot astfel stabili schema echivalentă a întregului sistem, alcătuitădin legături directe între noduri, schema echivalentă a nodului unic al consumaţiei şi reprezentările grafice corespunzătoare.

Anexa II. Exemple

Calcul prin noul procedeu. Deducerea schemelor REI şi imaginilor necesare raţionamentelor. Coeficienţii B în cazul variantei I

Cazul de mai jos se găseşte calculat şi pe altă cale în literatura tehnică de specialitate [8] pentru exemplificarea unei noi metode propuse recent (1961), metodă care prezintă interes ca încercare de simplificare şi clarificare.

Vom denumi calculul şi metoda HTH (Hockman, Toalston, Harker) mai jos şi vom compara unele aspecte şi rezultate ale acestei metode cu ale noastre.

Figura 3 A-*a* arată reţeaua de 138 kV din exemplul HTH, cu barele generatoare *1,2,3* şi barele sarcinilor *a,b,c*. Utilizînd ecuaţii de tipul $|V| = |Z| \cdot |I|$, reţeaua a fost redusă

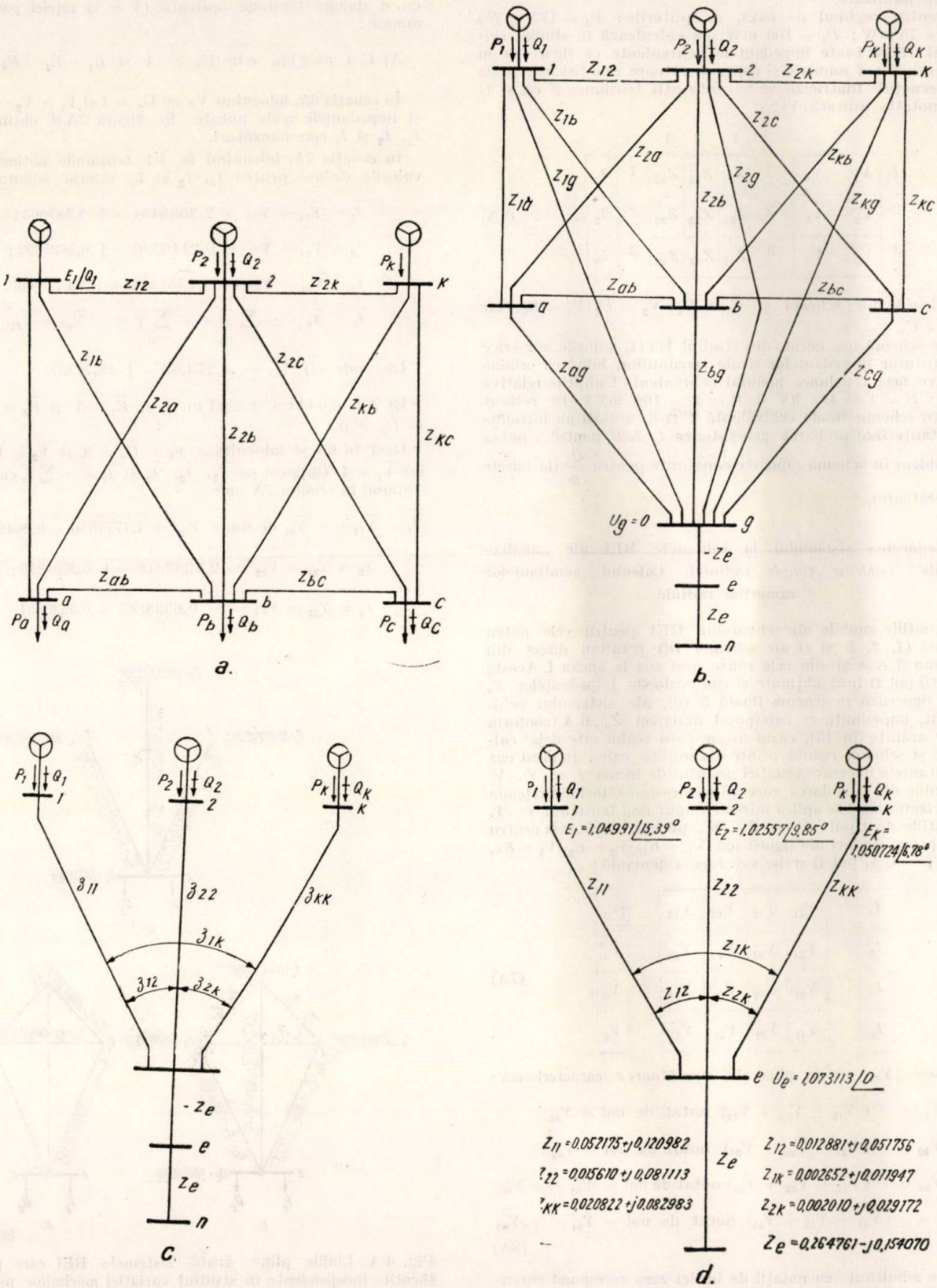


Fig. 3 A. Calea de reducere a sistemului energetic de 138 kV cu şase noduri în metoda HTH utilizînd ecuaţiile de forma $|E| = |Z_0| \cdot |I|$. Se ajunge la schema finală din *d*.

în exemplul HTH succesiv la cea din figura 3 A-*d*, cu nod de referință notat *e*, al barei care a localizat întreaga sarcină. Schema fizică echivalentă din 3 A-*d* păstrează impedanțele mutuale între căile de curent directe *1-e* ; *2-e* ; *3-e* ale sarcinii unice localizate.

Pentru regimul de bază, cu puterile : $P_1 = 173$ mW ; $P_2 = 75$ mW ; $P_3 = 100$ mW, se calculează în studiul original HTH toate impedanțele echivalente ce figurează în schema 3 A-*d* numeric și corespunzătoare ecuației matriciale (în ecuațiile matriciale se va nota atît tensiunea E cît și U cu notația unitară V) :

$$\begin{array}{c|c} & \\ 1 & \overline{V}_1 - \overline{V}_b \\ \hline 2 & \overline{V}_2 - \overline{V}_b \\ \hline 3 & \overline{V}_3 - \overline{V}_b \end{array} = \begin{array}{c|c|c|c} & 1 & 2 & 3 \\ \hline 1 & Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} \\ \hline 2 & Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} \\ \hline 3 & Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} \end{array} \begin{array}{c|c} & \\ 1 & I_1 \\ \hline 2 & I_2 \\ \hline 3 & I_3 \end{array}, \qquad (6A)$$

cu $3 = k$ din schemă și $\overline{V}_1 = \overline{E}_1$; $\overline{V}_2 = \overline{E}_2$; $\overline{V}_3 = \overline{E}_k$, iar $\overline{V}_b = U_e$.

Pe schemă am notat, din studiul HTH, valorile numerice ale tuturor impedanțelor și ale tensiunilor, luînd ca origine pentru faze tensiunea nodului echivalent. Unitățile relative sînt : $E = 1 = 138$ kV și $P = 1 = 100$ mVA. De reținut că, în schema finală echivalentă 1 A-*d*, autorii au introdus reactanțe fixe pe barele generatoare *1*, *2*, *k*, pentru a putea considera în schemă rapoarte constante pentru $\frac{Q}{P}$ (la barele generatoare).

1. Reducerea sistemului la schemele REI ale „analize nodale" (*sisteme simple radiale*). Calculul admitanțelor ramurilor radiale

Ecuațiile nodale ale schemelor REI pentru cele patru noduri (*1*, *2*, *k* și *e*) ale schemei (*d*) rezultau direct din rețeaua 3 A-*a* și din cele spuse mai sus la anexa I. Aceste ecuații pot fi însă obținute și din valorile impedanțelor Z, care figurează în schema finală 3 (*d*), ale sistemului echivalent, impedanțe ce corespund matricei $|Z_0|$, 6 A (conform celor arătate în [5], cazul în care un regim este deja calculat și schema redusă printr-o anumită cale). În acest caz admitanțele necesare ecuației nodului de forma $|I| = |Y| . |V|$ se deduc din calcularea curenților corespunzători din rețeaua pasivizată, cînd se aplică într-un singur nod tensiunea $V = 1$. Ecuațiile de tipul $|I| = |Y_c| . |V|$, pe care le căutăm pentru cele patru noduri ale figurii (cu $V_1 = E_1$, $V_2 = E_2$, $V_3 = E_k$, iar $V_4 = U_e$), pot fi scrise sub forma generală :

$$\begin{array}{|c|} \hline I_1 \\ \hline I_2 \\ \hline I_3 \\ \hline I_4 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} & Y_{14} \\ \hline Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} & Y_{24} \\ \hline Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} & Y_{34} \\ \hline Y_{41} & Y_{42} & Y_{43} & Y_{44} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline V_1 \\ \hline V_2 \\ \hline V_3 \\ \hline V_4 \\ \hline \end{array} \qquad (7A)$$

Matricea $|Y_c|$ are în plus aici următoarea caracteristică :

$$\overline{Y}_{11} = -(\overline{Y}_{12} + \overline{Y}_{13} + \overline{Y}_{14}) \text{ notat de noi } - Y_{01}$$

$$\overline{Y}_{22} = -(\overline{Y}_{21} + \overline{Y}_{23} + \overline{Y}_{21}) \text{ notat de noi } - Y_{02}$$

$$\overline{Y}_{33} = -(\overline{Y}_{31} + \overline{Y}_{32} + \overline{Y}_{34}) \text{ notat de noi } - Y_{03} = -Y_{0k}$$

$$\overline{Y}_{44} = -(\overline{Y}_{41} + \overline{Y}_{42} + \overline{Y}_{43}) \text{ notat de noi } - Y_{04} = -Y_{0e} \qquad (8A)$$

Aceste admitanțe cu notații de indici zero corespund curenților de scurtcircuit „în gol" ai rețelei ($Y_{0mr} E_m$) ([1], [2], [5], [6] etc. și anexa III).

Relația 8 A și faptul că admitanțele celelalte sînt 2 cît 2 egale, adică : $\overline{Y}_{21} = \overline{Y}_{12}$; $\overline{Y}_{31} = \overline{Y}_{13}$, ... etc., fac ca toate admitanțele ce figurează în ecuația (7A) pentru cele patru noduri să poată fi deduse din regimuri simple, cu o singură tensiune aplicată ($V = 1$) rețelei pasive, și anume :

A) Un regim cu $\overline{U}_e = 1$ și $\overline{E}_1 = \overline{E}_2 = \overline{E}_k = 0$

În ecuația 6A, înlocuind $V_b = U_e = 1$ și $V_1 = V_2 = V_3 = 0$ și impedanțele reale notate în figura 3A-*d* obținem pe I_1, I_2 și I_3 corespunzători.

În ecuația 7A, înlocuind la fel tensiunile obținem, din valorile deduse pentru I_1, I_2 și I_3, valorile admitanțelor :

$$\overline{I}_1 = \overline{Y}_{14} = \overline{Y}_{1e} = 2{,}3088454 - \text{j } 3{,}587063 ;$$

$$\overline{I}_2 = \overline{Y}_{24} = \overline{Y}_{2e} = 0{,}2113596 - \text{j } 6{,}5625692 ;$$

$$\overline{I}_3 = \overline{Y}_{34} = \overline{Y}_{ke} = 2{,}1761032 - \text{j } 8{,}6128036 ;$$

$$\overline{I}_4 = \overline{I}_e = -\sum \overline{I} = -\sum \overline{Y} = -\overline{Y}_{0e} = \overline{Y}_{44}.$$

De unde (4) $\overline{Y}_{0e} = 4{,}273.58 - \text{j } 18{,}76257$.

B) Al doilea regim cu $\overline{E}_1 = 1$ și $\overline{E}_2 = \overline{E}_k = \overline{U}_e = 0$

Deci în 6A se înlocuiește $\overline{V}_b = \overline{U}_e = 0$ și $\overline{V}_2 = \overline{V}_3 = 0$, iar $\overline{V}_1 = 1$. Obținem pe $\overline{I}_1$, $\overline{I}_2$, $\overline{I}_3$ și $\overline{I}_4 = -\sum \overline{I}$, care corespund în ecuația 7A cu :

$$\overline{I}_1 = \overline{Y}_{11} = -\overline{Y}_{01} \text{ de unde } Y_{01} = 4{,}4777556 - 9{,}2649756 ;$$

$$\overline{I}_2 = \overline{Y}_{21} = \overline{Y}_{12} = 2{,}8232618 - \text{j } 6{,}3304270 ;$$

$$\overline{I}_3 = \overline{Y}_{31} = \overline{Y}_{k1} = -0{,}6538865 + 0{,}6530881.$$

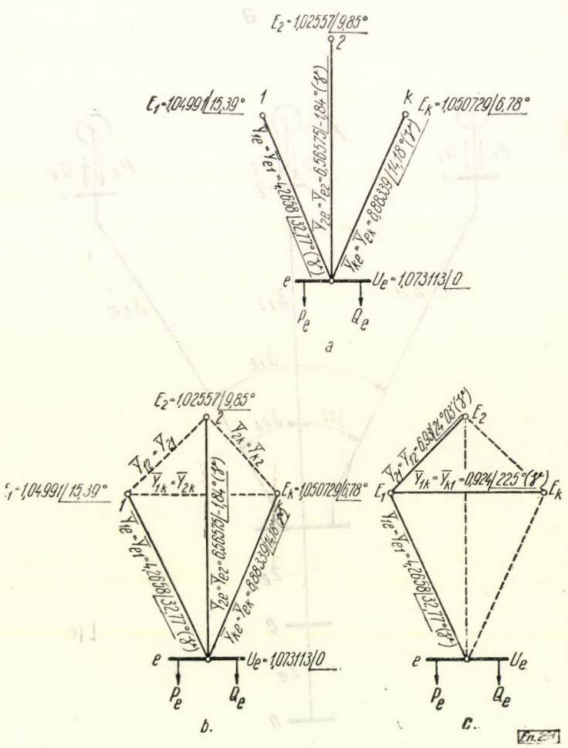


Fig. 4 A. Liniile pline arată sistemele REI care pot fi socotite independente în studiul variației mărimilor nodului central al sistemului radial respectiv :
a — sistemul nodului central al sarcinii unice.

C) A l t r e i l e a r e g i m c u $E_2 = 1$ şi $\overline{E}_1 = \overline{E}_k = \overline{U}_e = 0$, de unde deducem analog pe $\overline{Y}_{2k}$:

$$\overline{Y}_{2k} = 2{,}2786826 - 0{,}47458794,$$

apoi pe:

$$\overline{Y}_{22} = -\overline{Y}_{02} = -(\overline{Y}_{22} + \overline{Y}_{e2} + \overline{Y}_{k2}),$$

la fel:

$$\overline{Y}_{02} = 4{,}8906064 - \text{j } 17{,}6388409$$

şi $\overline{Y}_{04} = \overline{Y}_{1k} + \overline{Y}_{2k} + \overline{Y}_{ek}$ (valorile de mai sus).

2) Ecuaţiile sistemului REI al nodului central şi „imaginea" sa grafică

Să scriem ecuaţiile nodului sarcinii unice e:

— curentul sarcinii funcţie de curenţii de scurtcircuit:

$$\overline{I}_e = \overline{I}_{1e} + \overline{I}_{1e} + \overline{I}_{ke} - \overline{I}_{0e}$$

sau

$$\overline{I}_e = \overline{Y}_{e1}\overline{E}_1 + \overline{Y}_{e2}\overline{E}_2 + \overline{Y}_{ek}\overline{E}_k - \overline{Y}_{0e}\overline{U}_2 \qquad (9A)$$

sau, dacă se descompune admitanţa Y_{0e}:

$$\overline{I}_e = \overline{Y}_{e1}(\overline{E}_1 - \overline{U}_e) + \overline{Y}_{e2}(\overline{E}_2 - \overline{U}_e) + \overline{Y}_{e2}(\overline{E}_k - \overline{U}_e). \qquad (10A)$$

Neexistînd nici o altă sarcină exterioară, nu există alt termen în U_e [1], [2], [5], [6].

Ecuaţiile de mai sus reprezintă ecuaţiile sistemului REI din figura 4 A-*a*, cu tensiunile aplicate E_1, E_2 şi E_k şi tensiunea rezultantă în nodul sarcinii U_e. Aceste ecuaţii ne permit să aflăm, după cum ştim, fenomenele care se petrec în nodul *e*, cu acest nod detaşat de restul reţelei care a fost înlocuită cu sistemul radial simplificat [1,2,5,6 etc.].

Pentru imaginea nodului ne sînt necesari vectorii $\overline{I}_{1e}$, $\overline{I}_{2e}$, $\overline{I}_{ke}$ şi $\overline{I}_{0e}$, pe care îi aflăm cu mărimile determinate mai sus.

Reamintim (anexa III) că imaginile nodurilor se întocmesc cu axa ordonatelor după tensiunea nodului, pentru a avea figura în cadranul 1. Unghiurile admitanţelor care se măsoară în acest caz, de la axa absciselor, sînt: $\gamma = 90° - \psi$, unde ψ este unghiul impedanţei ($\overline{Z} = Z\underline{|\psi}$ sau $\overline{Y} = Y\underline{|-\psi}$), adică $\operatorname{tg}\psi = \dfrac{X}{R}$ şi, deci, $\operatorname{tg}\gamma = \dfrac{R}{X}$.

Astfel, unghiul admitanţei $\overline{Y}_{1e}$ se scrie:

$$\overline{Y}_{1e} = 4{,}2658\underline{|-57{,}23°} = \overline{Y}\underline{|-\psi}.$$

Vom scrie această admitanţă pentru reprezentarea grafică:

$$\overline{Y}_{1e} = 4{,}2658\underline{|\gamma} = 4{,}2658\underline{|32{,}77°}\ (\gamma), \qquad (11A)$$

aşa cum s-au notat pe schemele din figura 4 A.

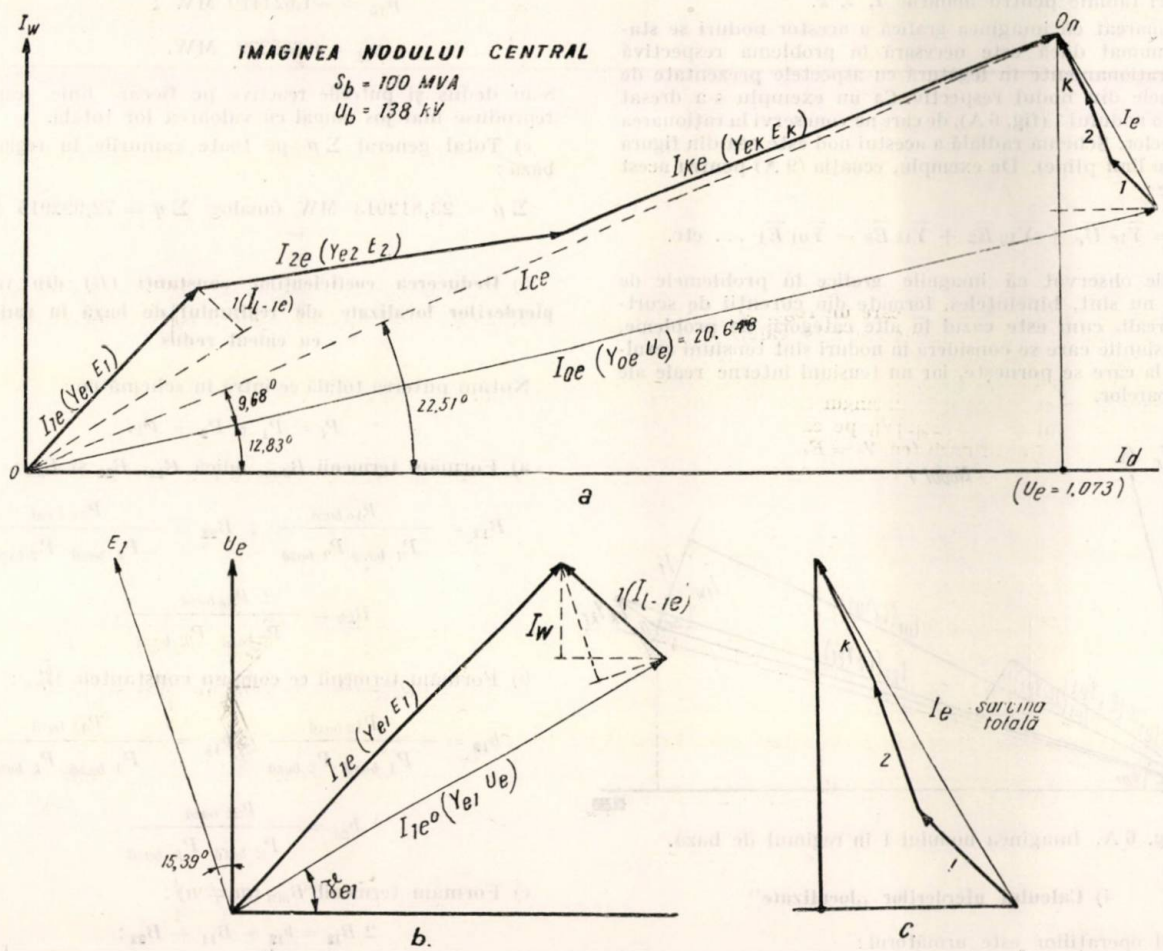


Fig. 5 A. Reprezentarea nodului central *e* în regimul de bază:

a — ramura 1-*e* iese cel mai mult din aliniere, are curentul de scurtcircuit cel mai mic şi este relativ cea mai încărcată; *b* — se vede diferenţa mare dintre curentul wattat al ramurii 1-*e* la intrarea în nodul *E* şi la sosirea în nodul *U*; *c* — curentul sarcinii totale I_e cu componentele lui.

Mersul mai departe al operaţiilor este următorul:

a) Formăm termenii $\overline{YE}$ care reprezintă curenţii de scurtcircuit cu axele alese. Astfel, cu valorile arătate pe schema din figura 4 A, pentru admitanţe:

$$\overline{I}_{1e} = \overline{Y}_{1e}\,\overline{E}_1 = 4{,}464.34 \,\underline{|\, 48{,}16°}\,;$$

$$\overline{I}_{2e} = \overline{Y}_{2e}\,\overline{E}_2 = 6{,}727.72 \,\underline{|\, 8{,}01°}\,;$$

$$\overline{I}_{ke} = \overline{Y}_{ke}\,\overline{E}_k = 9{,}331.59 \,\underline{|\, 20{,}96°}\,.$$

Formăm lanţul de vectori $\overline{YE}$ şi stabilim punctul *On*.

b) Formăm termenul $\overline{Y}_{0e}\,\overline{U}_e$ (curentul de scurtcircuit în gol):

$$\overline{Y}_{0e}\,\overline{U}_e = 20{,}64847 \,\underline{|\, 12{,}83°}.$$

Aflăm astfel şi pe grafic curentul echivalent al sarcinii $\overline{I}_e$.

c) Formăm termenii $\overline{Y}_{1e}\,\overline{U}_e$, $\overline{Y}_{2e}\,\overline{U}_e$, $\overline{Y}_{ke}\,\overline{U}_e$ (curenţii de scurtcircuit în gol ai fiecărui generator) şi aflăm participarea fiecărui nod (*1*, *2*, *k*) în curentul de sarcină scăzînd aceşti vectori din vectorii curenţilor de scurtcircuit (anexa III). În figura 5A-*a* şi *c* se văd apoi însumaţi curenţii ce sosesc de la barele generatoare *1*, *2*, *k* în nodul sarcinii unice *e*.

3) Ecuaţiile sistemelor REI ale celorlalte noduri şi eventualele lor „imagini"

În mod identic se stabilesc ecuaţiile care permit reducerea la noduri radiale pentru nodurile *1*, *2*, *k*.

De remarcat că imaginea grafică a acestor noduri se stabileşte numai dacă este necesară în problema respectivă pentru raţionamente în legătură cu aspectele prezentate de fenomenele din nodul respectiv. Ca un exemplu s-a dresat imaginea nodului 1 (fig. 6 A), de care ne vom servi la raţionarea problemelor. Schema radială a acestui nod este cea din figura 4 A-*c* (cu linii pline). De exemplu, ecuaţia (9 A) pentru acest nod este:

$$\overline{I}_1 = \overline{Y}_{1e}\,\overline{U}_e + \overline{Y}_{12}\,\overline{E}_2 + \overline{Y}_{1k}\,\overline{E}_k - \overline{Y}_{01}\,\overline{E}_1 \ \ldots \text{ etc.}$$

Trebuie observat că imagnile grafice în problemele de pierderi nu sînt, bineînţeles, formate din curenţii de scurtcircuit reali, cum este cazul în alte categorii de probleme, căci tensiunile care se consideră în noduri sînt tensiuni rezultate de la care se porneşte, iar nu tensiuni interne reale ale generatoarelor.

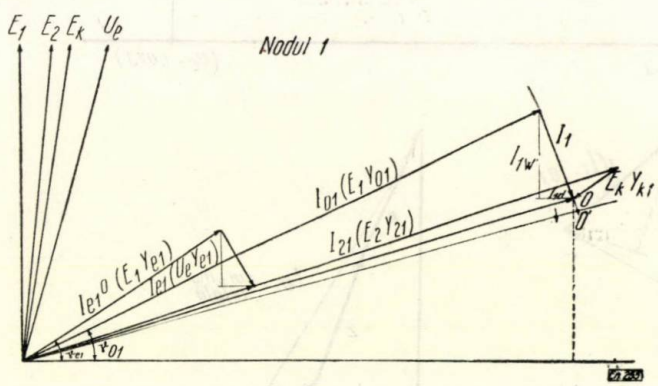


Fig. 6 A. Imaginea nodului 1 în regimul de bază.

4) Calculul pierderilor „localizate"

Mersul operaţiilor este următorul:

a) Cu termenii formaţi mai sus la paragraful 2 a, b, c $\overline{YE}$ şi $\overline{YU}$ se stabilesc analitic curenţii şi puterile ce ies sau intră în fiecare nod prin ramurile radiale, de exemplu:

Puterea ce pleacă de la nodul 1 către nodul echivalent *e* pe ramura 1-*e*, exprimat în MVA, este:

$$P_{e1} + \mathrm{j}\,Q_{e1} = (\overline{Y}_{1e}\,\overline{E}_1 - \overline{Y}_{1e}\,\overline{U}_e)^*\,\overline{E}_1 = -\,(110{,}959466 - \mathrm{j}\ 63{,}280247). \qquad (12A)$$

S-a notat cu (−) membrul 2, deoarece puterea pleacă de la nod. Puterea ce soseşte în nodul *e* prin ramura 1-*e* este:

$$P_{e1} + \mathrm{j}\,Q_{e1} = (-\,Y_{1e}\,E_1 + Y_{1e}\,U_e)^*\,U_e = +\,(92{,}180577 - \mathrm{j}\ 92{,}456630). \qquad (13\,A)$$

S-a notat cu (+) membrul 2, deoarece puterea soseşte la nod.

b) Se stabilesc pierderile pe fiecare ramură în parte, stabilind diferenţele. În cazul de faţă, pentru acest regim, denumit de bază, se găseşte:

$$p_{1e} = P_{1e} + P_{e1} = 18{,}77889 \text{ MW};$$
$$p_{2e} = -\,0{,}737909 \text{ MW}; \qquad (14A)$$
$$p_{ke} = 3{,}577451 \text{ MW};$$

Total pierderi pe ramurile nodului central: 21,58624.

Apoi se află şi pierderile localizate în celelalte ramuri laterale ale schemei întregului sistem pe aceeaşi cale:

$$p_{12} = 2{,}986562 \text{ MW};$$
$$p_{1k} = -1{,}624410 \text{ MW}; \qquad (15A)$$
$$p_{2k} = 0{,}865329 \text{ MW}.$$

S-au dedus şi puterile reactive pe fiecare linie, care sînt reproduse mai jos numai cu valoarea lor totală.

c) Total general Σp pe toate ramurile în regimul de bază:

$$\Sigma p = 23{,}812913 \text{ MW (analog } \Sigma q = 72{,}992915 \text{ MVAr)}$$

5) Deducerea coeficienţilor constanţi (B) din valoarea pierderilor localizate ale regimului de bază în varianta I cu calcul redus

Notăm puterea totală ce intră în schemă cu:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_k.$$

a) Formăm termenii B_{mm}, adică B_{11}, B_{22} şi B_{kk}:

$$B_{11} = \frac{P_{1e\ bază}}{P_{t\ bază}\,P_{1\ bază}}\,;\quad B_{22} = \frac{P_{2e\ bază}}{P_{t\ bază}\,P_{2\ bază}}\,;$$

$$B_{kk} = \frac{P_{ke\ bază}}{P_{t\ bază}\,P_{k\ bază}}\,.$$

b) Formăm termenii ce compun constantele B_{mn}:

$$b_{12} = \frac{P_{12\ bază}}{P_{1\ bază}\,P_{2\ bază}}\,;\quad b_{1k} = \frac{P_{1k\ bază}}{P_{1\ bază}\,P_{k\ bază}}\,;$$

$$b_{2k} = \frac{P_{2k\ bază}}{P_{2\ bază}\,P_{k\ bază}}\,.$$

c) Formăm termenii B_{mn} $(m \neq n)$:

$$2\,B_{12} = b_{12} + B_{11} + B_{22};$$
$$2\,B_{1k} = b_{1k} + B_{11} + B_{kk};$$
$$2\,B_{2k} = b_{2k} + B_{22} + B_{kk}.$$

Cu puterile regimului de bază [$P_1 = 173{,}667$; $P_2 = 75{,}170$; $P_k = 100{,}161$ şi $P_l = P_1 + P_2 + P_k = 348{,}998$ (tabela 1 din text)], se obţin următoarele valori deduse din pierderile pe fiecare ramură arătate la 4) :

$$B_{11} = 0{,}030983287 ; \qquad B_{22} = -\,0{,}0028127354 ;$$

$$B_{kk} = 0{,}0101396649 ; \qquad 2\,B_{12} = 0{,}0510478590 ;$$

$$2B_{1k} = 0{,}031784449 ; \qquad 2\,B_{2k} = 0{,}0188198729.$$

Anexa III

„Imaginile" nodurilor şi elementele lor caracteristice în problema pierderilor

Considerăm o schemă simplă radială (fig. 8 A) a unui nod cu tensiune U şi un număr oarecare de surse (E_1, E_2, E_k), schemă la care poate fi redus orice sistem complex „privit" dintr-un nod. Această schemă este echivalentă sistemului numai pentru mărimile din nodul central [2,5]. Pentru fiecare ramură se pot scrie ecuaţii de forma :

$$\overline{I} = \overline{Y}\,(\overline{E} - \overline{U}) = \overline{YE} - \overline{YU} = \overline{I}_c - \overline{I}_0, \quad (16A)$$

în care :

I_c este curentul de scurtcircuit şi I_0 – curentul de scurtcircuit în gol*.

Aceste ecuaţii dau curentul produs de acea ramură în nodul respectiv.

Curentul total al nodului, pentru toate ramurile, este :

$$\overline{I} = \sum \overline{Y}\,(\overline{E} - \overline{U}). \quad (17A)$$

Am văzut că ecuaţiile de tipul (16 A) se pot reprezenta grafic conform figurii 7 A [1], iar cele de tipul (17 A) conform figurii 8 A, în care se însumează de fapt vectorii fiecărei

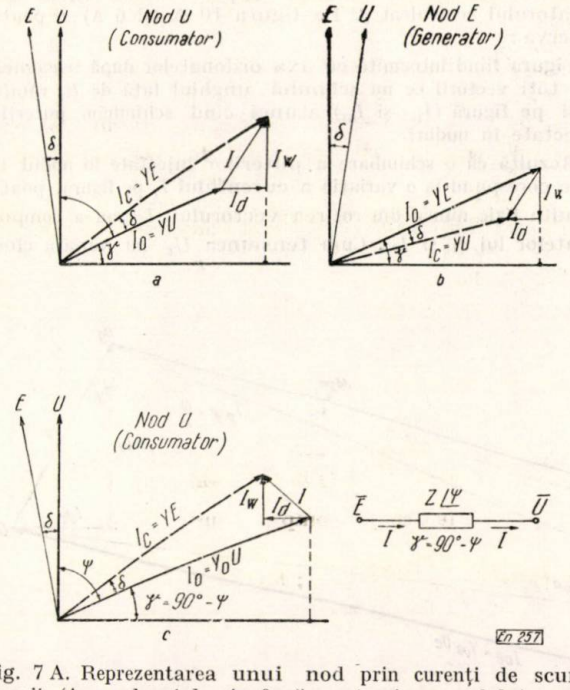


Fig. 7 A. Reprezentarea unui nod prin curenţi de scurtcircuit. (Axa ordonatelor în fază cu tensiunea nodului reprezentat.)

ramuri reprezentaţi în figura 7 A. Pentru efectuarea raţionamentelor pe această cale, imaginile simple ale unei singure ramuri radiale trebuie bine asimilate ; de aceea vom reaminti cîteva aspecte caracteristice [1], utile în problema pierderilor :

1) Diferenţa dintre vectorii $\overline{YE}$, denumiţi de noi curenţi de scurtcircuit (I_c pe fig. 7 A), şi vectorii $\overline{YU}$, denumiţi curenţi de scurtcircuit în „gol", dă curentul sarcinii ce soseşte

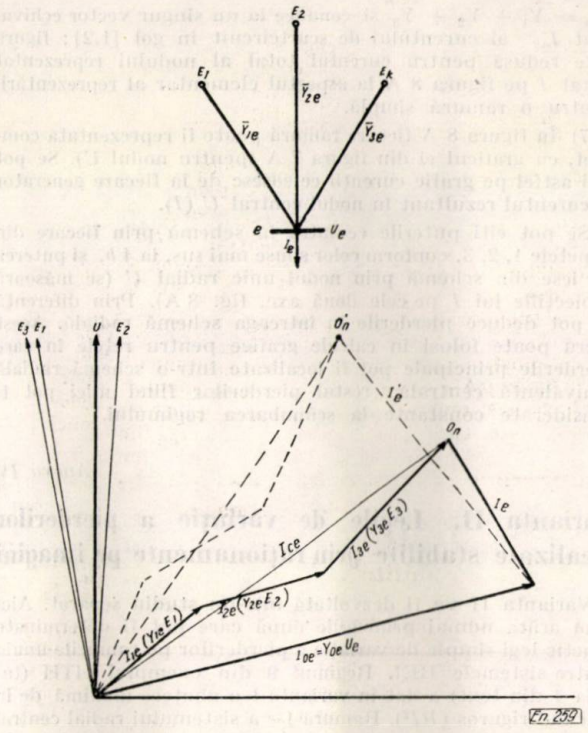


Fig. 8 A. Imaginea unui nod cu ramuri radiale de tipul nodului central sau al celorlalte noduri. Tensiunea nodului reprezentat în fază cu tensiunea U. Mişcarea vectorilor (I_{1e}, I_{2e}), identică cu variaţia tensiunilor, determină variaţia curentului de sarcină al nodului reprezentat (I_e) ca mărime şi fază.

în nodul cu tensiunea U. Variaţiile de unghi sau mărime a'e acestor vectori pe grafice determină variaţiile curenţilor de sarcină ca fază şi mărime.

2) Dacă figura a fost întocmită cu axa ordonatelor după direcţia tensiunii U (a nodului reprezentat), atunci proiecţiile lui I pe cele două axe de coordonate dau curentul activ şi reactiv ce intră în nodul cu tensiune U.

3) Dacă pe aceeaşi figură 7A-*a* trasăm şi vectorul tensiunii E_1 de la capul ramurii care face unghiul δ cu tensiunea U_1, proiectînd curentul I pe această direcţie, putem afla curentul activ şi reactiv ce intră în ramura radială prin nodul cu tensiunea E (figura 5 A-*b*).

4) Pierderile de putere activă şi reactivă pe una din legăturile dintre două noduri apar deci pe oricare din reprezentările grafice ale celor două noduri de la capete în două moduri :

a) Prin măsurarea curentului I (acelaşi în graficele ambelor capete) şi calcularea termenului RI^2.

b) Prin proiectarea curentului I pe direcţia celor două axe U şi E, care fac acelaşi unghi ca şi curenţii de scurtcircuit, şi deducerea curentului activ la cele două capete. Se face apoi produsul $I_w E$ şi $I_w U$ (fig. 5 A-*b*).

În cazul raţionării problemelor este mai comod în general să se deducă variaţiile curentului I pe ramurile schemei, după cum se vede în textul principal şi anexa IV, pentru a urmări schimbările între două regimuri care se compară.

5) Pe reprezentările grafice, curenţii care vin din schemă spre nodul reprezentat sînt consideraţi pozitivi, ca în figura 7 A-*a*. Dacă nodul cu tensiune U consumă putere activă din sistem, dar produce putere reactivă către sistem, aspectul graficului este cel din figura 7 A-*c*. Dacă nodul reprezentat

* Denumit „în gol" deoarece nodul cu tensiunea U este în „gol" dacă curentul său de scurtcircuit este YU.

produce putere activă și reactivă către sistem (nod generator), atunci aspectul este cel din figura 7 A-*b*... etc.

6) Pentru un nod cu mai multe ramuri, ca cel din figura 8 A, suma vectorilor $\overline{YE}$ conduce la un vector echivalent I_{ce} -al generatoarelor 00_n [1]. Suma vectorilor $\overline{YU}$ dă vectorul $\overline{Y_0U_1}$ în care :

$\overline{Y}_0 = \overline{Y}_1 + \overline{Y}_2 + \overline{Y}_3$ și conduce la un singur vector echivalent I_{0e} al curentului de scurtcircuit în gol [1,2] ; figura este redusă pentru curentul total al nodului reprezentat notat I pe figura 8 A la aspectul elementar al reprezentării pentru o ramură simplă.

7) În figura 8 A fiecare ramură poate fi reprezentată complet, cu graficul ei din figura 7 A (pentru nodul U). Se pot citi astfel pe grafic curenții ce sosesc de la fiecare generator și curentul rezultant în nodul central U (I).

Se pot citi puterile ce intră în schemă prin fiecare din capetele 1, 2, 3, conform celor spuse mai sus, la 4 *b*, și puterea ce iese din schemă prin nodul unic radial U (se măsoară proiecțiile lui I pe cele două axe, fig. 8 A). Prin diferență se pot deduce pierderile în întreaga schemă radială. Acest lucru poate folosi în calcule grafice pentru rețele în care pierderile principale pot fi localizate într-o schemă radială echivalentă centrală ; restul pierderilor fiind mici pot fi considerate constante la schimbarea regimului.

Anexa IV

Varianta II. Legile de variație a pierderilor localizate stabilite prin raționamente pe imagini

Varianta II va fi dezvoltată într-un studiu separat. Aici vom arăta numai principiile după care pot fi determinate practic legi simple de variație a pierderilor pe ramurile unuia dintre sistemele REI. Regimul 9 din exemplul HTH (tabela 1 din text) a dat în varianta I o abatere maximă de la calculul riguros (RI^2). Ramura 1-*e* a sistemului radial central localizează circa 80 % din pierderi. Să încercăm o altă formulă simplă numai pentru această ramură. Raționamentul pe imagini se face după cum urmează :

1) Condițiile ce rezultă din examinarea graficului nodului central pentru sistemul echivalent cu trei noduri.

În imaginea nodului central s-au înlocuit (fig. 5 A) vectorii $\overline{I}_{2e}$ și $\overline{I}_{ke}$ cu suma lor $\overline{I}_{ge}$ care corespunde nodului echivalent g în sistemul cu trei noduri. Se ajunge la figura 9 A. Pe această figură se poate observa :

a) Dacă sarcina totală nu se schimbă și nici tensiunea U_e, vectorii $\overline{I}_{0e}$ și $\overline{I}_{ce}$ rămîn invarianți în timpul schimbării repartiției puterilor între generatoare.

b) Schimbarea repartiției puterilor între generatorul 1 și restul generatoarelor înlocuite prin generatorul echivalent g apare pe figură ca o rotire a vectorului $\overline{I}_{1e}$. Vectorul $\overline{I}_{1e^\circ}$ nu variază dacă nu variază tensiunea U_e, iar curentul pe ramura 1-*e* va varia identic cu vectorul $\overline{I}_{1e} - \overline{I}_{1e^\circ}$, adică cu vectorul $O_1 D_1$ notat pe figură cu I_{1-1e}, atunci cînd rotim vectorul $\overline{I}_{1e}$ conform variației sarcinii.

Dacă considerăm condițiile reglajului tensiunii impuse ca în exemplul HTH, tensiunea E variază neglijabil ca mărime, și putem considera că vectorul $\overline{I}_{1e}$ se va plimba pe o linie apropiată de $O_1 D_1$ în mod corespunzător variațiilor puterilor injectate în nodul 1.

În acest timp vectorul $\overline{I}_{ge}$ va căpăta poziția corespunzătoare pentru închiderea figurii, cunoscînd că punctul O_g rămîne, după cum am văzut, fix pe grafic (puterea sarcinii unice neschimbată).

Astfel, pe figură, pozițiile intermediare pot fi reprezentate de punctul O_1' ale cărui deplasări indică că puterea pe ramura 1-*e* a scăzut, curentul s-a redus la vectorul $O_1' D_1$ în schimb a crescut în mod identic curentul pe ramura 1-*g* a generatorului echivalent g. De aci se poate citi pe grafic schimbarea impusă de condițiile fizice ale regimului nou asupra unghiurilor tensiunilor E_1 (I_{1e}) și E_g (I_{ge}) față de tensiunea U_e, care rămîne tot timpul neschimbată ca direcție pe acest grafic al nodului *e*. În general, din această figură a nodului central rezultă o serie de condiții determinate de ipotezele care se consideră în problemă.

2) Condițiile care rezultă din examinarea graficului nodului 1 în legătură cu variația curentului pe ramura 1-*e*

Nodul 1 din figura 10 A a fost de asemenea simplificat prin înlocuirea vectorilor $\overline{I}_{21}$ și $\overline{I}_{k1}$ prin vectorul $\overline{I}_{g1}$ al generatorului echivalent g. Pe figura 10 A (și 6 A) se poate observa :

Figura fiind întocmită cu axa ordonatelor după tensiunea E_1, toți vectorii ce nu schimbă unghiul față de E_1 rămîn ficși pe figură (I_{1e° și I_{01}) atunci cînd schimbăm puterile injectate în noduri.

Rezultă că o schimbare a puterilor injectate în nodul 1, care corespund la o variație a curentului I_1 pe figură, poate rezulta fizic numai din rotirea vectorului $\overline{I}_{e1}$ sau a componentelor lui $\overline{I}_{1e}$ și $\overline{I}_{g1}$. Cum tensiunea U_e nu variază cînd

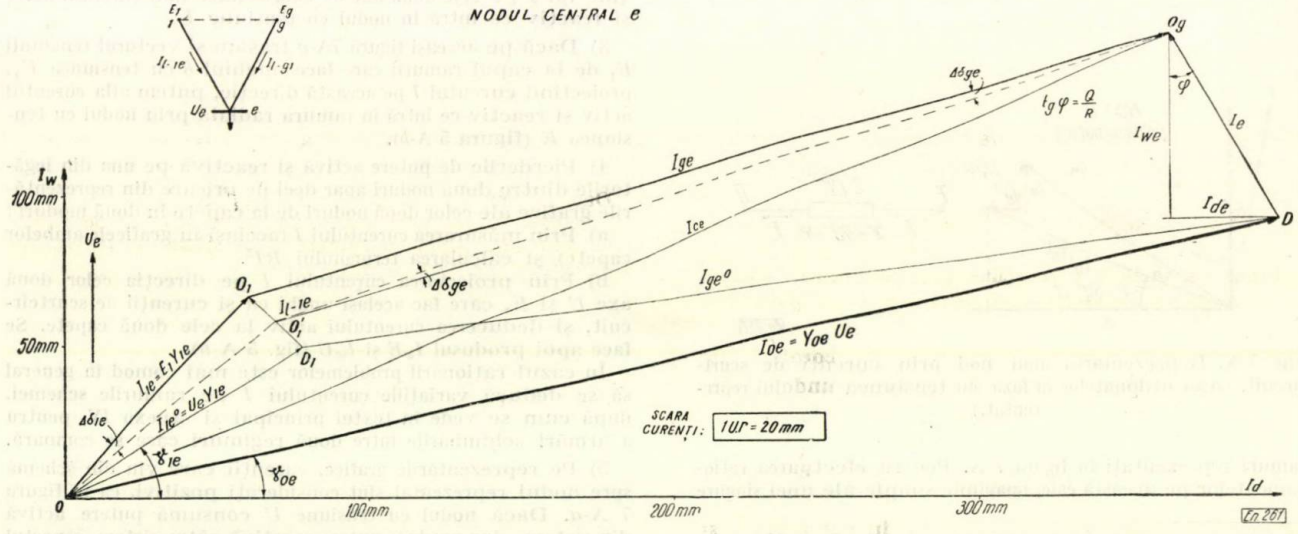


Fig. 9 A. Nodul central *e* ; nodurile exterioare lui *e* și 1 s-au redus la un generator echivalent *g*.

variază puterea injectată în nodul 1, vectorul I_{1e} rămîne aproximativ fix ca lungime. Pentru simplificare, vom aproxima variația lui după dreapta O_1O_1' (se putea considera și variația după un arc de cerc).

Curentul $\bar{I}_{l-1e}$ al ramurii 1-e apare aici, privit din nodul 1, ca diferența vectorilor $\bar{I}_{1e}$ și $\bar{I}_{1e}^{\circ}$, adică vectorul D_1O_1 din figura 10 este egal cu vectorul D_1O_1 din figura 9 (întocmită la scara 1/2 față de 10).

ghiul $\Delta\delta_{ge}$ față de tensiunea U_e, a cărei direcție nu variază față de axele graficului 9A.

*

Dacă considerăm această rotire a vectorului $\bar{I}_{ge}$ impusă de regimul fizic, din nodul e, pe graficul 10 A al nodului 1 găsim punctul D', în care ajunge extremitatea vectorului I_{g1}. Într-adevăr, unghiul $\Delta\delta_{ge}$ găsit pe graficul nodului e repre-

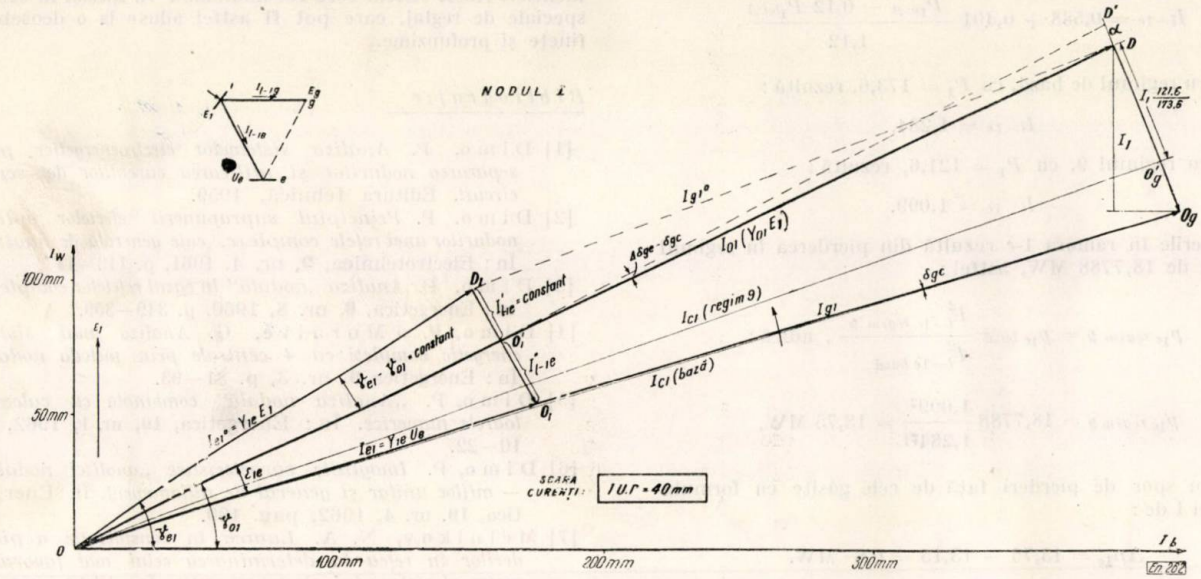


Fig. 10 A. Nodul 1; nodurile exterioare reduse la același generator echivalent g care apare aici cu curenții de scurtcircuit $D_1\,D\,(I_{g1^\circ})$ și $0_1 0_g\,(I_{g1})$.

Se poate observa că la rotirea vectorului $\bar{I}_{e1}$, respectiv $\bar{I}_{1e}$, dacă tensiunea U_e variază neglijabil, ca mărime, se poate aproxima curentul I_{l-1e} ca fiind compus din două componente:

— o componentă constantă, I'_{l-1e} pe figură;

— o componentă variabilă cu variația lui I_1 sau a puterii injectată în nodul 1:

$$I_{l-1e} = I'_{l-1e\,(\text{constant})} + I''_{l-1e}\,(\text{variabil cu } P_1).$$

Pentru a stabili legea de variație a lui I''_{l-12} cu P_1, să presupunem că stabilim un regim în care $I''_{l-1e} = 0$, care pe graficul din figura 10 A se poate reprezenta aducînd vectorul $\bar{I}_{e1}$ coliniar cu $\bar{I}_{01}$. În acest caz să utilizăm condițiile impuse de regimul din nodul e, discutate mai sus, pentru a vedea ce devine vectorul I_{g1}, care va căpăta și el o schimbare de unghi, impusă de menținerea constantă a sarcinii totale.

3) Legea de variație a curentului I_{l-1e} pe ramura 1—e aproximat din condițiile ce rezultă la cele două capete

Dacă în nodul e, figura 9A, căutăm regimul corespunzător lui $I''_{l-1e} = 0$ găsim punctul O_1', care corespunde unei noi poziții a vectorului I_{1e} pe această figură, în așa fel încît curentul pe ramura 1-e să devină în total egal cu $I'_{l-1e} = O_1'D_1$ din figura 10, adică egal numai cu partea considerată constantă.

Rezultă din figura 9A că este necesar în acest caz ca și vectorul $\bar{I}_{ge}$ (deci tensiunea E_g) să se rotească cu un-

zintă variația dintre tensiunea E_g și U_e. În cazul figurii 10 această variație corespunde variației dintre unghiul pe care îl fac vectorii I_{1e} (variază cu tensiunea U_e) și I_{g1} (variază cu tensiunea E_g). S-a determinat astfel un regim ipotetic în care $I''_{l-1e} = 0$ și în care $I_1 = -\overline{DD'}$ pe figură corespunzător noii poziții a lui I_{g1}. Dacă considerăm că între regimul inițial și acest regim cu $I''_{l-1e} = 0$ există o lege de variație liniară între I''_{l-12} și I_1, putem scrie, pentru un regim nou, cînd cunoaștem un regim (cel de bază) pe care îl denumim vechi (I_1 de bază pe figură $= DO_g$):

$$I''_{l-1e\,nou} = I''_{l-1e\,vechi}\,\frac{I_{1\,nou} + \alpha\, I_{1\,vechi}}{1+\alpha},$$

în care α corespunde lui $I''_{l-1e\,nou} = 0$, adică:

$$\alpha = -\frac{I_{1\,nou}}{I_{1\,vechi}} \text{ sau, pe grafic } \alpha = \frac{DD'}{D\,O_g}.$$

Dacă observăm că curenții I_1 sînt proporționali cu puterile P_1 din legea reglajului impusă în acest caz, iar pe grafic $I_1 = 66{,}5$ mm corespunde puterii $P_1 = 1{,}736$ unități relative din regimul de bază, se poate scrie:

$$I''_{l-1e} = k\,\frac{P_{nou} + \alpha\, P_{bază}}{1+\alpha},$$

în care α se măsoară pe figura 10 A și $I''_{l-1e\,vechi}$ de asemenea

$$\alpha = \frac{DD'}{DO_g'} = 0{,}12;$$

$$I''_{l-1e} = 0{,}401\,\frac{P_{1\,nou} - 0{,}12\,P_{1\,bază}}{1{,}12},$$

iar partea constantă:

$$I'_{l-1e} = \frac{22,5}{66,5} \cdot P_{bază} = 0,588$$

(22,5 mm = I'_{l-1e} în regimul de bază, iar 66,5 mm = I_1 în același regim pe grafic).

Rezultă:

$$I_{l-1e} = 0,588 + 0,401 \frac{P_{1nou} - 0,12\ P_{1bază}}{1,12}.$$

Pentru regimul de bază, cu $P_1 = 173,6$, rezultă:

$$I_{l-1e} = 1,284.$$

Pentru regimul 9, cu $P_1 = 121,6$, rezultă:

$$I_{l-1e} = 1,099.$$

Pierderile în ramura 1-*e* rezultă din pierderea în regimul de bază de 18,7788 MW, astfel:

$$p_{1e\ regim\ 9} = p_{1e\ bază} \frac{I^2_{l-1e\ regim\ 9}}{I^2_{l-1e\ bază}}, \text{ adică:}$$

$$p_{1e\ regim\ 9} = 18,7788 \frac{1,099^2}{1,284^2} = 13,75 \text{ MW},$$

adică un spor de pierderi față de cele găsite cu formula variantei I de:

$$\Delta p_{1e} = 13,75 - 13,15 = 0,6 \text{ MW}.$$

Vedem că numai din această ramură se acoperă aproape jumătate din diferența pierderilor evaluate conform variantei I, față de calculul riguros (RI^2).

*

Cele de mai sus trebuie considerate numai ca indicații de principiu în legătură cu modul nou de a raționa.

Se poate ușor observa că o dată raționamentul făcut se pot stabili pe cale analitică formule mult mai exacte decît cea de mai sus. Astfel și variația segmentului I_{l-1e} considerat constant poate fi prinsă într-o formulă simplă, considerînd variația segmentului $D_1O'_1$ pe figura 10 A corespunzător unghiului constant $\gamma_{e1} - \gamma_{01}$ și a variației unghiului δ_{1e} dintre tensiunea U_e și E_1. De asemenea se poate introduce variația tensiunilor E_1 și U_e dacă ar fi cazul. La fel, variația segmentului O'_1O_1 poate fi determinată după o lege de variație mai exactă, considerînd variația curentului injectat în nod I_1 cu legile reglajului care modifică unghiul φ_1 și relația de unghi impusă de restul sistemului între U_e și tensiunea echivalentă E_g.

*

O dată stabilite pentru o ramură o serie de formule pe asemenea raționamente simple, ele pot fi aplicate fără efctuarea graficelor și a raționamentelor pe celelalte ramuri, dacă legile de variație a mărimilor (reglajul tensiunilor) păstrează legi identice. Acest sistem este recomandabil în special în studii speciale de reglaj, care pot fi astfel aduse la o deosebită finețe și profunzime.

Bibliografie

[1] Dimo, P. *Analiza sistemelor electroenergetice prin separarea nodurilor și utilizarea curenților de scurt-circuit.* Editura tehnică, 1959.

[2] Dimo, P. *Principiul suprapunerii efectelor aplicat nodurilor unei rețele complexe, cale generală de analiză.* În: Electrotehnica, **9**, nr. 4, 1961, p. 113—117.

[3] Dimo, P. *Analiza „nodală" în cazul rețelelor complexe.* În: Energetica, **8**, nr. 8, 1960, p. 349—359.

[4] Dimo, P. și Moraite, G. *Analiza unui sistem energetic complex cu 4 centrale prin metoda nodală.* În: Energetica **9**, nr. 3, p. 81—93.

[5] Dimo, P. *„Analiza nodală" combinată cu calculatoarele numerice.* În: Energetica, **10**, nr. 1, 1962, p. 10—22.

[6] Dimo, P. *Imaginile caracteristice „analizei nodale" — mijloc unitar și general de raționament.* În: Energetica, **10**, nr. 4, 1962, pag. 139.

[7] Melnikov, N. A. *Luarea în considerație a pierderilor în rețea la determinarea celui mai favorabil regim al sistemului electroenergetic.* În: Elektricestvo, nr. 2, 1960.

[8] Hockman, D. R., Toalston, A. L., Harker, D. C. *Formula pierderilor cu o nouă metodă care fixează un punct al sarcinii echivalente.* În: Power Apparatus and Systems (AIEE), febr. 1961, p. 1090—1101.

[9] Kirchmayer, L. D. *Funcționarea economică a sistemelor electroenergetice*, 2 volume, 1958 și 1959, Chapman & Hall, L.T.D.

[10] Moskalev, A. *Reglarea automată a regimurilor sistemelor energetice după frecvență și putere activă.* Gosenergoizdat, Moscova.

[11] Smirnov, K. A. *Calculul repartiției economice a puterilor active și reactive.* Elektricestvo, nr. 3, 1962.

[12] Dimo, P. L'analiseur graphique, rapport 302 — CIGRE 1958.

[13] Gornstein, V. M. Determinarea regimului optim de funcționare a sistemelor energetice. Electricestvo, 8, 1961.

Considerații asupra problemelor de repartiție optimă a sarcinii în sistemele energetice

II. Sisteme interconectate

VLAD IONESCU și *DAN LEONIDA** — București

Într-un articol anterior s-a expus o prezentare unitară a diferitelor criterii de repartiție optimă economică a sarcinii aplicabile în cazul sistemelor energetice unitare [1]. În prezent devine actuală problema calculului regimurilor optime economice în cazul sistemelor energetice interconectate, impunîndu-se totodată anumite condiții de frontieră în ceea ce privește schimbul de putere sau energie.

În privința condițiilor ce afectează schimbul dintre sisteme, se cunosc trei criterii de realizare a acestuia [2]:

a) Puterea de schimb este menținută staționar constantă conform unui consemn programat, în fiecare din sisteme fiind posibilă repartiția economică a sarcinii. Sistemul acesta este astăzi cel mai răspîndit [4], reprezentînd totodată prima etapă de dezvoltare în timp a interconectării sistemelor energetice.

Variația consemnului puterii de schimb este precizată de norme contractuale, stabilindu-se totodată regimurile de funcționare a interconexiunii și continuitatea acesteia.

b) Energia livrată este supusă unor condiții limitative impuse prin condiții contractuale, totodată putîndu-se asigura o funcționare optimă economică în fiecare din sistemele energetice interconectate. Acest regim de funcționare reprezintă un al doilea stadiu în dezvoltarea sistemelor interconectate.

c) Puterea de schimb și energia nu sînt supuse nici unor restricții contractuale, realizîndu-se totodată repartiția optimă economică a sarcinii între toate sistemele energetice interconectate, obținîndu-se astfel un optim global. Acest ultim criteriu este aplicat în practică [2], iar problemele ce privesc circulația pe liniile de interconexiune se rezumă la studiul stabilității regimului, siguranței în funcționare etc.

În lucrare se vor trata problemele de repartiție optimă economică a sarcinii în cadrul sistemelor energetice interconectate, rezolvîndu-se problema în cazul c) enunțat mai sus și considerîndu-se drept caz particular a).

1. Ecuațiile generale de optim economic în cazul interconexiunii sistemelor energetice

Se consideră, în speță, două sisteme energetice unitare A și B interconectate prin mai multe linii.

Se notează cu

$$(I_A) = \begin{matrix} G_A \\ C_A \\ s_A \end{matrix}\left|\begin{matrix} (\underline{I}_{GA}) \\ (\underline{I}_{CA}) \\ (\underline{I}_{sA}) \end{matrix}\right. \qquad (I_B) = \begin{matrix} G_B \\ C_B \\ s_B \end{matrix}\left|\begin{matrix} (\underline{I}_{GB}) \\ (\underline{I}_{CB}) \\ (\underline{I}_{sB}) \end{matrix}\right. \qquad (1)$$

matricele curenților corespunzătoare celor două sisteme, iar cu s_A și s_B mulțimea indicilor

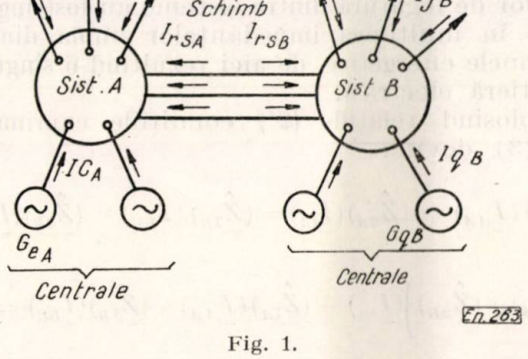


Fig. 1.

afectați curenților de schimb din cele două sisteme. Notațiile folosite sînt cele din [1].

În mod analog se pot introduce matricele:

$$(\underline{U}_A) \text{ și } (\underline{U}_B).$$

Este însă comod a prezenta matricele amintite în forma:

$$(\underline{I}_A) = \begin{matrix} G_A \cup C_A \\ s_A \end{matrix}\left|\begin{matrix} (\underline{I}_{AA}) \\ (\underline{I}_{sA}) \end{matrix}\right. \text{ idem } (\underline{I}_B),$$

iar pentru tensiuni matricele cu aspect analog.

Cu notații evidente se poate scrie relația matricială:

$$\left|\begin{matrix} (\underline{U}_A) \\ (\underline{U}_B) \end{matrix}\right| = \left|\begin{matrix} (\hat{\underline{Z}}_A) & (0) \\ (0) & (\hat{\underline{Z}}_B) \end{matrix}\right| \cdot \left|\begin{matrix} (\underline{I}_A) \\ (\underline{I}_B) \end{matrix}\right| \qquad (2)$$

* *Vl. Ionescu* și *D. Leonida* sînt ingineri la I.R.M.E.

Detaliind relația (2) se obține :

$$\begin{array}{c|c} G_A \cup C_A & (\underline{U}_{AA}) \\ \hline s_A & (\underline{U}_{sA}) \\ \hline G_B \cup C_B & (\underline{U}_{BB}) \\ \hline s_B & (\underline{U}_{sB}) \end{array} = \begin{array}{c|cc|cc} & G_A UC_A & & & \\ G_A \cup C_A & (\hat{\underline{Z}}_{AA}) & (\hat{\underline{Z}}_{1A})_t & & \\ s_A & (\hat{\underline{Z}}_{1A}) & (\hat{\underline{Z}}_{2A}) & & \\ \hline & & & (\hat{\underline{Z}}_{BB}) & (\hat{\underline{Z}}_{1B})_t \; G_B \cup C_B \\ & & & (\hat{\underline{Z}}_{1B}) & (\hat{\underline{Z}}_{2B}) \; s_B \\ & & & G_B \cup C_B & s_B \end{array} \cdot \begin{array}{c} (\underline{I}_{AA}) \\ \hline (\underline{I}_{sA}) \\ \hline (\underline{I}_{BB}) \\ \hline (\underline{I}_{sB}) \end{array} \qquad (2')$$

În ceea ce privește interconexiunea, aceasta se caracterizează prin relațiile electrice evidente de frontieră :

$$\begin{aligned} &(\underline{I}_{sA}) + (\underline{I}_{sB}) = (0); \\ &(\underline{U}_{sA}) = (\underline{U}_{sB}), \end{aligned} \qquad (3)$$

unde se face presupunerea că impedanțele liniilor de legătură dintre sisteme au fost înglobate în mulțimea impedanțelor unuia dintre sistemele energetice, de aici rezultînd o singură frontieră electrică.

Folosind relațiile (2') condițiile exprimate de (3) devin :

$$(\hat{\underline{Z}}_{1A})(\underline{I}_{AA}) + (\hat{\underline{Z}}_{2A})(\underline{I}_{sA}) = (\hat{\underline{Z}}_{1B})(\underline{I}_{BB}) - (\hat{\underline{Z}}_{2B})(\underline{I}_{SA})$$

sau (4)

$$\left((\hat{\underline{Z}}_{2A}) + (\hat{\underline{Z}}_{2B})\right)(\underline{I}_{sA}) + (\hat{\underline{Z}}_{1A})(\underline{I}_{AA}) - (\hat{\underline{Z}}_{1B})(\underline{I}_{BB}) = 0.$$

Relațiile (4) exprimă condiția electrică generală de interconexiune pentru două sisteme electrice interconectate. Această relație se poate scrie funcțional :

$$\begin{aligned} &\psi'(I'_{sA}, I'_{AA}, I'_{BB}, I''_{sA}, I''_{AA}, I''_{BB}) = 0; \\ &\psi''(I'_{sA}, I'_{AA}, I'_{BB}, I''_{sA}, I''_{AA}, I''_{BB}) = 0, \end{aligned} \qquad (5)$$

funcțiile ψ' și ψ'' fiind corespunzătoare părților reale și imaginare ale ecuațiilor (4).

Consumurile de putere activă și reactivă corespunzătoare celor două sisteme sînt conform cu cele arătate în [1] :

$$(\underline{S}_{CA}) = (\underline{I}_{CA})^*_d (\underline{U}_{CA}) \text{ și } (\underline{S}_{CB}) = (\underline{I}_{CB})^*_d (\underline{U}_{CB}). \quad (6)$$

Submatricile :

$$G_A UC_A \left| \begin{array}{c|c} G_A UC_A & s_A \\ \hline (\hat{\underline{Z}}_{AA}) & (\hat{\underline{Z}}_{1A})_t \end{array} \right.$$

și

$$G_B UC_B \left| \begin{array}{c|c} G_B UC_B & s_B \\ \hline (\hat{\underline{Z}}_{BB}) & (\hat{\underline{Z}}_{1B})_t \end{array} \right.$$

ale matricei de impedanță din sistemul de ecuații (2') se pot detalia în

$$\begin{array}{c|cc|c} & G_A & C_A & s_A \\ \hline G_A & & & \\ C_A & (\hat{\underline{Z}}_{CAGA}) & (\hat{\underline{Z}}_{CACA}) & (\hat{\underline{Z}}_{CAsA}) \end{array} = \begin{array}{c|cc} & G_A U_{CA} & s_A \\ \hline G_A & & \\ C_A & (\hat{\underline{Z}}_{CAA}) & (\hat{\underline{Z}}_{CAsA}) \end{array}$$

și idem pentru sistemul B.

Astfel relațiile (6) devin :

$$(\underline{I}_{CA})^*_d C_A \left| \begin{array}{c|c} G_A UC_A & s_A \\ \hline (\hat{\underline{Z}}_{CAA}) & (\hat{\underline{Z}}_{CAsA}) \end{array} \right. G_A UC_A \left| \begin{array}{c} (\underline{I}_{AA}) \\ \hline (\underline{I}_{sA}) \end{array} \right. - (\underline{S}_{CA}) = (0) \qquad (7)$$

$$(\underline{I}_{CB})^*_d C_B \left| \begin{array}{c|c} G_B UC_B & s_B \\ \hline (\hat{\underline{Z}}_{CBB}) & (\hat{\underline{Z}}_{CBsB}) \end{array} \right. G_A UC_A \left| \begin{array}{c} (\underline{I}_{BB}) \\ \hline (\underline{I}_{sB}) \end{array} \right. - (\underline{S}_{CB}) = (0)$$

care, evident, se pot detalia în părțile reale și imaginare corespunzătoare matricelor (P_{CA}) și (Q_{CA}), respectiv (P_{CB}) și (Q_{CB}). Așadar, considerînd ca variabile independente componentele reale și imaginare ale curenților (curenții centralelor, curenții consumatorilor și curenții de schimb), condițiile suplimentare de extremum sînt date de relațiile (5) și (6), respectiv (7) explicit. În mod analog [1] se va rigidiza tensiunea în cîte un nod arbitrar al fiecărui sistem unitar, lucru care are ca implicație :

– impunerea unui nivel corespunzător de tensiuni ;

– introducerea unor relații suplimentare care duc la reducerea numărului de variabile independente cu cîte o variabilă complexă în fiecare sistem.

Dacă rigidizarea se face în nodurile i'_A și i'_B rezultă :

$$\underline{U}_{oA} = \sum_{j \in G_A \cup C_A} \underline{Z}_{jA} \underline{I}_{jA} + \sum_{k \in s_A} \underline{Z}_{kA} \underline{I}_{kA} \qquad (8)$$

$$\underline{U}_{oB} = \sum_{j \in G_A \cup C_A} \underline{Z}_{jB} \underline{I}_{jB} + \sum_{k \in s_A} \underline{Z}_{kB} \underline{I}_{kB}$$

În mod analog se notează cu :

ν_A — elementul generic al mulțimii

$$(I'_{jA})_{j \in G_A \cup C_A - o_A} \; U \; (I''_{jA})_{j \in G_A \cup C_A - o_B}$$

ν_{sA} — elementul generic al mulțimii

$$(I'_{kA})_{k \in sA} \; U \; (I''_{kA})_{k \in sA}$$

și în mod analog pentru sistemul B.

Se face remarca importantă că $\nu_{sA} = -\nu_{sB}$, după cum rezultă din prima condiție (3); astfel se va considera o singură variabilă generică ν_s, făcîndu-se înlocuirea corespunzătoare de semn. Pentru a păstra numai simetria scrierii, înlocuirea aceasta nu s-a făcut în relațiile (7) și (8), unde în locul matricei $\underline{I}_{sB}$ ar fi trebuit scrisă matricea $-\underline{I}_{sA}$. Ecuațiile de optim se scriu :

$$\left.\begin{aligned} & T = T_A + T_B \equiv \text{minim} \qquad (9_1) \\ & \text{condiționat de :} \\ & (P_A) = (\text{ct.}), \; (Q_A) = (\text{ct.}); \qquad (9_2) \\ & (P_B) = (\text{ct.}), \; (Q_B) = (\text{ct.}); \qquad (9_3) \\ & \psi' = \psi'' = 0, \qquad (9_4) \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

unde (9_2) și (9_3) au fost explicitate în (7), iar (9_4) în (4); ca variabile independente se folosesc variabilele generice :

$$\nu_A, \; \nu_s, \; \text{și} \; \nu_B.$$

Funcția lui Lagrange se scrie :

$$\Phi = T + \sum_{k \in C_A} \lambda'_{kA} P_{kA} + \sum_{k \in C_A} \lambda''_{kA} Q_{kA} + \sum_{k \in C_B} \lambda'_{kB} P_{kB} +$$

$$+ \sum_{k \in C_B} \lambda''_{kB} Q_{kB} + \sum_{k \in s} \lambda'_k \psi''_k + \sum_{k \in s} \lambda''_k \psi''_k . \qquad (10)$$

Rezultă :

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \nu_A} = \sum_{i \in G_A} \frac{dT_{iA}}{dP_{iA}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial \nu_A} + \sum_{k \in C_A} \lambda'_{kA} \frac{\partial P_{kA}}{\partial \nu_A} +$$

$$+ \sum_{k \in C_A} \lambda''_{kA} \frac{\partial Q_{kA}}{\partial \nu_A} + \sum_{k \in s} \lambda'_k \frac{\partial \psi'_k}{\partial \nu_A} + \sum_{k \in s} \lambda''_k \frac{\partial \psi''_k}{\partial \nu_A} = 0 \qquad (11_1)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \nu_B} = \sum_{i \in G_B} \frac{dT_{iB}}{dP_{iB}} \cdot \frac{\partial P_{iB}}{\partial \nu_B} + \sum_{k \in C_B} \lambda'_{kB} \frac{\partial P_{kB}}{\partial \nu_B} +$$

$$+ \sum_{k \in C_B} \lambda''_{kB} \frac{\partial Q_{kB}}{\partial \nu_B} + \sum_{k \in s} \lambda'_k \frac{\partial \psi'_k}{\partial \nu_B} + \sum_{k \in s} \lambda''_k \frac{\partial \psi''_k}{\partial \nu_B} \qquad (11_2)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \nu_S} = \sum_{i \in G_A \cup C_B} \frac{dT_i}{dP_i} \cdot \frac{\partial P_i}{\partial \nu_s} + \sum_{k \in C_A} \lambda'_{kA} \frac{\partial P_{kA}}{\partial \nu_S} + \sum_{k \in C_A} \lambda''_{kA} \frac{\partial Q_{kA}}{\partial \nu_s} +$$

$$+ \sum_{k \in C_B} \lambda'_{kB} \frac{\partial P_{kB}}{\partial \nu_s} + \sum_{k \in C_B} \lambda''_{kB} \frac{\partial Q_{kB}}{\partial \nu_s} + \sum_{k \in s} \lambda'_k \frac{\partial \psi}{\partial \nu_S} +$$

$$+ \sum_{k \in s} \lambda''_k \frac{\partial \psi''_k}{\partial \nu_S} = 0. \qquad (11_3)$$

Se constată ușor că numărul de ecuații dat de (5), (7) și ((11), ținînd cont și de (8), este egal cu numărul necunoscutelor.

Rezolvînd aceste ecuații se obțin curenții $(\underline{I}_A)$, $(\underline{I}_B)$, $(\underline{I}_S)$, cu ajutorul cărora se pot calcula :

— încărcările active și reactive ale fiecărei centrale din A ;

— încărcările active și reactive ale fiecărei centrale din B ;

— puterile active și reactive care circulă pe liniile de interconexiune (în varianta optimă).

Pentru a lămuri unele probleme care vor apărea se vor face unele notații simbolice, și anume :

Condițiile (7), cu restricțiile date de (8), se vor scrie :

$$a(\nu_A, \nu_S) = 0 ;$$

$$b(\nu_B, \nu_S) = 0.$$

La fel ecuațiile (5) :

$$s(\nu_A, \nu_B, \nu_s) = 0 \text{ relație liniară.}$$

Pentru ecuațiile (9_4) (11_1), (11_2), (11_3) se vede cu ușurință că se pot adopta notațiile simbolice :

$$A(\nu_A, \nu_s, \nu_A, \nu_s) = 0 ;$$

$$B(\nu_B, \nu_s, \nu_B, \nu_s) = 0 ;$$

$$s_A(\nu_A, \nu_s, \lambda_A, \lambda_s) + s_B(\nu_B, \nu_s, \lambda_B, \lambda_s) = 0,$$

(ψ', ψ'') fiind combinații liniare ale matricelor $(\underline{I}_{AA})$, $(\underline{I}_{BB})$, $(\underline{I}_S)$, unde pentru multiplicatori s-a notat cu o singură literă și partea reală și cea imaginară ; variabilele independente fiind cele indicate în fiecare relație.

Astfel ecuațiile a căror rezolvare dau variabilele ν_A, ν_B, ν_s se pot scrie :

$$A(\nu_A, \nu_s, \lambda_A, \lambda_s) = 0 \text{ și } a(\nu_A, \nu_s) = 0 ; \qquad (12.1)$$

$$B(\nu_B, \nu_s, \lambda_B, \lambda_s) = 0 \text{ și } b(\nu_b, \nu_s) = 0 ; \qquad (12.2)$$

$$s_A(\nu_A, \nu_s, \lambda_A, \lambda s_s) + s_B(\nu_B, \nu_s, \lambda_B, \lambda_s) = 0$$

$$\text{și} \qquad a(\nu_A, \nu_B, \nu_s) = 0. \qquad (12.3)$$

Se arată simplu că ecuațiile (12), provenite din (9), au aceleași soluții ca ecuațiile scrise în forma globală :

$$T_A + T_B \equiv \text{minim},$$

condiționat de :

$$(P_A) = (\text{ct.}), (Q_A) = (\text{ct.}), (P_B) = (\text{ct.}), (Q_B) = (\text{ct.}),$$

în care variabilele independente sînt componentele reale și imaginare ale curenților centralelor și consumatorilor din sistemele A și B, care o dată calculați, prin ecuații analoge ca formă cu cele de mai sus, permit calculul curenților de schimb din relația (4) și, în consecință, a puterilor interschimbate.

Scrierea în forma nouă, respectiv (12), este preferată pentru cazul existenței a doi dispeceri centrali, unul situat în sistemul A, iar celălalt în sistemul B.

Ecuațiile (13) se pretează bine la existența unui dispecer unificat și a unui centru unificat de calcule electroenergetice, lucru mai puțin plauzibil pentru viitorul apropiat.

Să facem acum cîteva observații importante: numărul ecuațiilor date de (12.3) este egal cu dublul numărului liniilor de interconexiune. Cum în practica interconexiunii între state există una pînă la două linii de interconexiune, numărul ecuațiilor (12.3) este și el în număr de două pînă la patru (considerînd componentele reale și imaginare). Este clar că atît s_A și s_B cît și părțile componente ale relației s se pot forma cu informații corespunzătoare din fiecare sistem completate cu informații de frontieră.

Satisfacerea ecuației (12.3) implică însă cunoașterea simultană a funcțiilor s_A, s_B și s. Aceasta implică însă prezența unor informații simultane gata prelucrate în fiecare din sisteme și în număr dublu față de numărul liniilor de interconexiune. Astfel, numărul informațiilor simultane este redus, justificînd un „comparator" de „dimensiuni" reduse pentru cele două sisteme care să realizeze condițiile (12.3). Distribuirea sensului informațiilor amintit mai sus este avantajoasă existenței dispecerilor în fiecare din sisteme; ecuațiile (13) însă implică, după s-a văzut,o centralizare totală a datelor lucru extrem de greu pentru un sistem interconectat întins.

2. Procedeele practice de calcul al repartiției optime economice în cadrul sistemelor energetice interconectate

Analog ca în [1], se va considera în locul matricelor de tip ($\hat{Z}$) matricele de tip (Z), alegîndu-se în fiecare sistem cîte un punct de referință. Pentru a simplifica expunerea, se vor impune condiții referitoare numai la puterea activă. De asemenea se menționează că expunerea de mai jos se referă la procedeul 3*b*2° din

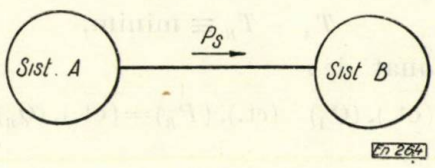


Fig. 2.

[1]. Procedeul 3*b*1° din [1] impune, prin însăși esența sa, rezolvarea globală a problemei optimului fără explicitarea schimbului. Adaptarea acestui procedeu din punct de vedere practic implică existența unui sistem unitar global. Așadar, interesează studierea problemei în cazul procedeului bazat pe coeficienții (B). Problema se poate trata în mod general, însă aceasta îngreuiază expunerea; de aceea ea va va fi dată în anexă. Aici ne vom referi numai la cazurile mai frecvente întîlnite în practică.

1° Cazul a două sisteme energetice interconectate printr-o singură linie de interconexiune.

Fie două sisteme energetice interconectate ca în figura 2.

Ecuațiile care dau optimul sînt:

$$T = T_A + T_B \equiv \text{minim}, \tag{14.1}$$

condiționat

$$P_{GA} - p_A - P_s = \text{ct.}, \tag{14.2}$$

$$P_{GB} - p_B + P_s = \text{ct.}, \tag{14.3}$$

unde variabilele independente sînt:

$$(P_{iA})_{i\in GA}, \ (P_{iB})_{i\in GB} \text{ și } P_s,$$

iar p_A și p_B trebuie considerate funcții de aceste variabile independente. În acest caz, problema este relativ simplă, căci din însăși formula pierderilor pentru fiecare sistem rezultă:

$$p_A = p_A\,(P_{GA}, P_s);$$

$$p_B = p_B\,(P_{GB}, P_s); \tag{15}$$

unde cu P_{GA} și P_{GB} s-au notat generic variabilele independente reprezentate de puterile centralelor din sistemele A și B.

Funcția lui Lagrange se scrie:

$$\Phi = T - \lambda_A\,(P_{GA} - p_A - P_s) - \lambda_B\,(P_{GB} - p_B + P_s) \tag{16}$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_{GA}} = \frac{\mathrm{d}T_A}{\mathrm{d}P_{GA}} - \lambda_A\left(1 - \frac{\partial p_A}{\partial P_{GA}}\right) = 0$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_{GB}} = \frac{\mathrm{d}T_B}{\mathrm{d}P_{GB}} - \lambda_B\left(1 - \frac{\partial p_B}{\partial P_{GB}}\right) = 0 \tag{17}$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_S} = -\lambda_A\left(-\frac{\partial p_A}{\partial P_s} - 1\right) - \lambda_B\left(-\frac{\partial p_B}{\partial P_s} + 1\right) = 0$$

sau:

$$\frac{\mathrm{d}T_A}{\mathrm{d}P_{GA}} + \lambda_A \frac{\partial p_A}{\partial P_{GA}} = \lambda_A$$

$$\frac{\mathrm{d}T_B}{\mathrm{d}P_{GB}} + \lambda_B \frac{\partial p_B}{\partial P_{GB}} = \lambda_B \tag{18}$$

$$\lambda_A\left(1 + \frac{\partial p_A}{\partial P_S}\right) = \lambda_B\left(1 - \frac{\partial p_B}{\partial P_s}\right).$$

Relațiile (18) arată că optimul economic global se realizează cînd:

a) în fiecare din sisteme se realizează optimul economic;

b) între consumurile diferențiale de sistem λ_A și λ_B există relațiile :

$$\lambda_A\left(1 + \frac{\partial p_A}{\partial P_s}\right) = \lambda_B\left(1 - \frac{\partial p_B}{\partial P_s}\right)$$

sau :

$$b_{sA-B} = b_{sB-A},$$

unde :

$$b_{sA-B} = \lambda_A\left(1 + \frac{\partial p_A}{\partial P_s}\right)$$

$$b_{sB-A} = \lambda_B\left(1 - \frac{\partial p_B}{\partial P_s}\right).$$

Un subcaz interesant este atunci cînd schimbul este impus și menținut la un anumit consemn programat P_{s0}.

În această situație, din (16) rezultă ecuațiile :

$$\frac{dT_A}{dP_{GA}} + \lambda_A \frac{\partial p_A}{\partial P_{GA}} = \lambda_A,$$

$$\frac{dT_B}{dp_{GB}} + \lambda_B \frac{\partial p_B}{\partial P_{GB}} = \lambda_B, \qquad (18')$$

adică în cazul puterilor de schimb constante optimul global se atinge cînd în fiecare sistem s-a realizat optimul economic.

2° Cazul a două sisteme energetice interconectate prin două linii de legătură.

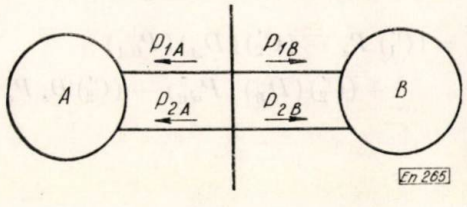


Fig. 3.

Ecuațiile care dau optimul sînt identice cu cele date de (14); aici însă P_s reprezintă soldul puterilor de schimb. Interesează ca expresiile pierderilor să fie de forma :

$$p_A = p_A\,(P_{GA},\ P_{CB},\ P_s);$$

$$P_B = p_B\,(P_{GA},\ P_{CB},\ P_s).$$

Se vede că în acest caz problema nu mai este așa de simplă. Ecuațiile (17) se scriu în forma :

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_{GA}} = \frac{dT_A}{dP_{GA}} - \lambda_A\left(1 - \frac{\partial p_A}{P_{GA}}\right) + \lambda_B \frac{\partial p_B}{P_{GA}} = 0;$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_{GB}} = \frac{dT_B}{dP_{GB}} + \lambda_A \frac{\partial p_A}{\partial P_{GA}} - \lambda_B\left(1 - \frac{\partial p_B}{\partial P_{GB}}\right) = 0; \qquad (19)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_s} = -\lambda_A\left(-\frac{\partial p_A}{\partial P_s} - 1\right) - \lambda_B\left(-\frac{\partial p_B}{\partial P_s} + 1\right) = 0;$$

dar, după cum se știe, pentru expresiile pierderilor în funcție de coeficienții (B) se obțin expresii de forma :

$$p_A = \varphi_A(P_{GA}, P_{iA}) \quad i \in \{1,2\} = s;$$

$$p_B = \varphi_B(P_{GA}, P_{iB}) \quad i \in \{1,2\} = s.$$

Ținînd cont de aceste relații și înlocuind derivatele parțiale cu derivatele parțiale ale funcțiilor compuse, ecuațiile (19) devin :

$$\frac{dT_A}{dP_{GA}} + \lambda_A \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{GA}} + \lambda_A \sum_{i=1,2} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{GA}} + \lambda_B \sum_{i=1,2} \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{iB}} \cdot \frac{\partial P_{iB}}{\partial P_{GA}} = \lambda_A$$

$$\frac{dT_A}{dP_{GB}} + \lambda_B \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{GB}} + \lambda_B \sum_{i=1,2} \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{iB}} \frac{\partial P_{iB}}{\partial P_{GB}} + \lambda_A \sum_{i=1,2} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{GB}} = \lambda_B \qquad (19')$$

$$\lambda_A\left(1 + \sum_{i=1,2} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_s}\right) = \lambda_B\left(1 - \sum_{i=1,2} \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{iB}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_s}\right).$$

Din ecuațiile (19') rezultă existența unor derivate parțiale de forma $\frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{GA}}$ etc., care trebuie evaluate. În acest sens, revenind la figura 2, se vede că :

$$\begin{aligned} (P_{GA}) &= (P_{GA}); & (P_{GB}) &= (P_{GB}); \\ P_{1A} &= P_c; & P_{1B} &= -P_c; \\ P_{2A} &= -P_s - P_c; & P_{2B} &= P_s + P_c, \end{aligned} \qquad (20)$$

unde :

$$P_c = P_{1A}.$$

Relațiile (20) se scriu matricial :

$$\begin{array}{c|c} G_A & (P_{GA}) \\ \hline & P_{1A} \\ \hline & P_{2A} \\ \hline G_B & (P_{GB}) \\ \hline & P_{1B} \\ \hline & P_{2B} \end{array} = \begin{array}{c|c|c|c|c} & G_A & G_B & & \\ \hline G_A & (1) & & & \\ \hline & & & & 1 \\ \hline & & & -1 & 1 \\ \hline G_B & & (1) & & \\ \hline & & & & -1 \\ \hline & & & 1 & 1 \end{array} \begin{array}{c|c} & \\ \hline G_A & P_{GA} \\ \hline G_B & P_{GB} \\ \hline & P_s \\ \hline & P_c \end{array} \qquad (21)$$

$$(C)$$

De asemenea, se vede că:

$$\begin{array}{|c|}\hline P_{1A}\\\hline P_{2A}\\\hline P_{1B}\\\hline P_{2B}\\\hline\end{array} = \underbrace{\left[\begin{array}{c|c} & 1\\\hline -1 & 1\\\hline & -1\\\hline 1 & 1\end{array}\right]}_{(C')} \begin{array}{|c|}\hline P_s\\\hline P_c\\\hline\end{array} \qquad (22)$$

iar $(C') = \overline{|(C'_1)|(C'_2)|}$ din descompunerea matricei (C') în două coloane. Ținînd cont de relația matricială (21) se obține noua matrice a coeficienților (B), și anume (B_1) din:

$$(B_1) = (C)_t\,(B)\,(C), \qquad (23)$$

adică:

$$\begin{array}{c} \\ G_A \cup P_s \\ P_c \end{array} \overbrace{\begin{array}{c|c} (B_{11}) & (B_{12}) \\\hline (B_{21}) & (B_{22}) \end{array}}^{(B_1)} = (C)_t \overbrace{\begin{array}{c|c} (B_A) & \\\hline & (B_B) \end{array}}^{(B)} \qquad (C)$$

$$\begin{array}{c} G_A \cup C_B \quad P_s \quad P_c \\ G_A \cup C_B \\ \cup P_s \\ P_c \end{array}$$

Să notăm cu:

$$(P) = \begin{array}{c|c} G_A & (P_{GA}) \\\hline G_B & (P_{GB}) \\\hline P_s & P_s \end{array}.$$

Ținînd cont de relațiile (23), pierderile capătă expresia:

$$p = \begin{array}{|c|c|}\hline (P)_t & P_c \\\hline\end{array} \begin{array}{|c|c|}\hline (B_{11}) & (B_{12}) \\\hline (B_{21}) & B_{22} \\\hline\end{array} \begin{array}{|c|}\hline (P) \\\hline P_c \\\hline\end{array} =$$

$$= (P)_t + (B_{11})\,(P) + (P)_t\,(B_{12})\,P_c +$$

$$+ P_c\,(B_{21})\,(P) + P_c\,B_{22}\,P_c. \qquad (24)$$

Se face acum ipoteza suplimentară și simplificatoare:

$$\frac{\partial p}{\partial P_c} = 0, \qquad (25)$$

adică creșterea diferențială în raport cu puterea P_c este neglijabilă. În aceste condiții relația (24) devine prin derivare:

$$(P)_t\,(B_{12}) + (B_{21})\,(P) + 2B_{22}P_c = 0$$

sau:

$$2(B_{21})\,(P) + 2B_{22}\,P_c = 0, \qquad (26)$$

deci, în definitiv:

$$P_c = -\,B_{22}^{-1}\,(B_{21})\,(P) = (D)\,(P), \qquad (27)$$

unde $(D) = -\,B_{22}^{-1}\,(B_{21})$.

Relațiile (27) se pot detalia în felul următor:

$$P_C = \begin{array}{|c|c|c|}\hline (D_A) & (D_B) & D_s \\\hline\end{array} \begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\\hline (P_{GB}) \\\hline P_s \\\hline\end{array} =$$

$$= (D_A)\,(P_{GA}) + (D_B)\,(P_{GB}) = D_s\,P_s.$$

Revenind acum la relația (22) se obține:

$$\begin{array}{|c|}\hline P_{1A}\\\hline P_{2A}\\\hline P_{1B}\\\hline P_{2B}\\\hline\end{array} = \begin{array}{|c|c|}\hline (C'_1) & (C'_2) \\\hline\end{array} \begin{array}{|c|}\hline P_s \\\hline P_c \\\hline\end{array} = (C'_1)\,P_s + (C'_2)\,P_c \qquad (28)$$

Înlocuind P_c cu expresia (28) rezultă:

$$\begin{array}{|c|}\hline P_{1A}\\\hline P_{2A}\\\hline P_{1B}\\\hline P_{2B}\\\hline\end{array} = (C'_1)\,P_s + (C'_2)(D_A)(P_{GA}) + (C'_2)(D_B)(P_{GB}) + (C'_2)\,D_s\,P_s \qquad (29)$$

sau

$$\begin{array}{|c|}\hline P_{1A}\\\hline P_{2A}\\\hline P_{1B}\\\hline P_{2B}\\\hline\end{array} = \begin{array}{c} G_A \quad G_B \quad P_s \\ \begin{array}{|c|c|c|}\hline (C'_2)(D_A) & (C'_2)(D_B) & (C'_1)+(C'_2)(D_s) \\\hline\end{array} \end{array} \begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\\hline (P_{GB}) \\\hline (P_s) \\\hline\end{array}$$

Așadar, se obține:

$$\begin{array}{|c|}\hline P_{1A}\\\hline P_{2A}\\\hline P_{1B}\\\hline P_{2B}\\\hline\end{array} = \begin{array}{c} \\ P_{1A} \\ P_{2A} \\ P_{1B} \\ P_{2B} \end{array} \overbrace{\begin{array}{c|c|c} & & \\\hline & & \\\hline & & \\\hline & & \end{array}}^{\begin{array}{ccc} G_A & G_B & P_s \end{array}} \begin{array}{c} \\ G_A \\ G_B \\ P_s \end{array} \begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\\hline (P_{GB}) \\\hline P_s \\\hline\end{array}. \qquad (30)$$

Relația matricială (30) arată că puterile de schimb în ipoteza simplificatoare (25) sînt combinații ale variabilelor independente, de unde rezultă că derivatele $\frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{GA}}$ etc. sînt niște constante pe care le vom nota generic cu litera β. Coeficienții β nu sînt toți independenți, după cum se va vedea din figura 3.

Se deduce cu ușurință:

$$P_{1A} + P_{2A} = -P_s;$$

$$P_{1A} = -P_{1B}; \qquad (31)$$

$$P_{2A} = -P_{2B}.$$

Rezultă deci:

$$\frac{\partial P_{1A}}{\partial P_{GA}} = -\frac{\partial P_{2A}}{\partial P_{GA}} = -\frac{\partial P_{1B}}{\partial P_{GA}} = \frac{\partial P_{2B}}{\partial P_{GA}} = \beta_A;$$

$$\frac{\partial P_{1A}}{\partial P_{GB}} = -\frac{\partial P_{2A}}{\partial P_{GB}} = -\frac{\partial P_{1B}}{\partial P_{GB}} = \frac{\partial P_{2B}}{\partial P_{GB}} = -\beta_B; \qquad (32)$$

$$\frac{\partial P_{1A}}{\partial P_s} = -\frac{\partial P_{1B}}{\partial P_s} = \beta_s;$$

$$\frac{\partial P_{1A}}{\partial P_s} + 1 = -\frac{\partial P_{2A}}{\partial P_s} = \frac{\partial P_{2A}}{\partial P_s} = 1 + \beta_s,$$

după cum rezultă din prima ecuație din (31), conform concluziei de mai sus, β_A, β_B, β_s sînt constante și se calculează tot cu ajutorul coeficienților (B) după formula (30).

Înlocuind (32) în (19′) se obține:

$$\frac{dT_A}{dP_{GA}} + \lambda_A \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{GA}} +$$

$$+ \beta_A \underbrace{\left[\lambda_A \left(\frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{1A}} - \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{2A}}\right) - \lambda_B \left(\frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{1B}} - \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{2B}}\right)\right]}_{R_A} = \lambda_A$$

$$\frac{dT_B}{dP_{GA}} + \lambda_B \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{GB}} + \qquad (33)$$

$$+ \beta_B \underbrace{\left[\lambda_B \left(\frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{1B}} - \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{2B}}\right) - \lambda_A \left(\frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{1A}} - \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{2A}}\right)\right]}_{R_B} = \lambda_B$$

$$\lambda_A \left[(1 + \beta_s) \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{1A}} - (1 + \beta_s) \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{2A}}\right] =$$

$$= \lambda_B \left[(1 + \beta_s) \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{1B}} - (1 + \beta_s) \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{2B}}\right].$$

Practica funcționării în paralel [3] arată că:

$$R_A = R_B = 0,$$

adică sînt neglijabile, deci ecuațiile (33) se pot scrie în formă uzuală:

$$\frac{dT_A}{dP_{GA}} + \lambda_A \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{GA}} = \lambda_A;$$

$$\frac{dT_B}{dP_{GB}} + \lambda_B \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{GB}} = \lambda_B; \qquad (34)$$

$$b_{sA-B} = b_{sB-A};$$

unde:

$$b_{sA-B} = \lambda_A \left[(1 + \beta_s) \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{1A}} - (1 + \beta_s) \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{2A}}\right];$$

$$b_{sB-A} = \lambda_B \left[(1 + \beta_s) \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{1B}} - (1 + \beta_s) \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{2B}}\right];$$

unde P_{1A}, P_{2A}, P_{1B} și P_{2B} se determină din relația (30) — Ecuațiile (34) descriu regimul optim economic referitor la puterea activă. Rezultă, după cum se vede, că optimul economic global se realizează atunci cînd în fiecare sistem sarcina se repartizează mai economic, în plus existînd relațiile de frontieră:

$$b_{sA-B} = b_{sB-A}.$$

Se observă că și în acest caz se poate considera subcazul anterior în forma $P_s = P_{s0}$, adică soldul puterilor pe liniile de interconexiune este constant.

În această situație ecuațiile (19) devin:

$$\frac{dT_A}{dP_{GA}} + \lambda_A \frac{\partial \varphi_A}{dP_{GA}} + \lambda_A \sum_{i=1,2} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{GA}} +$$

$$+ \lambda_B \sum_{i=1,2} \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{iB}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{GB}} = \lambda_A$$

$$\frac{dT_B}{dP_{GB}} + \lambda_B \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{GB}} + \lambda_B \sum_{i=1,2} \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{iB}} \cdot \frac{\partial P_{iB}}{\partial P_{GB}} + \qquad (35)$$

$$+ \lambda_A \sum_{i=1,2} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{GB}} = \lambda_B$$

iar relațiile (30) devin:

$$\begin{array}{|c|c|ccc|c|}
\hline
 & & G_A & G_B & P_s & \\
\hline
P_{1A} & P_{1A} & & & & (P_{GA}) \\
\hline
P_{2A} & P_{2A} & & & & (P_{GB}) \\
\hline
P_{1B} & P_{1B} & & & & (P_s) \\
\hline
P_{2B} & P_{2B} & & & & \\
\hline
\end{array} \qquad (36)$$

adică

P_{1A}, P_{2A} și P_{1B}, P_{2B} sînt funcție numai de puterile generate în fiecare din sistemele A

și B, rezultînd deci că soldurile sînt fixe și circulația de puteri pe liniile de schimb determinată [în ipoteza validității relației (25)].

Rezultă că coeficienții β_A și β_B au aceleași valori și deci se obține:

$$\frac{dT_A}{dP_{GA}} + \lambda_A \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{GA}} + \\ + \beta_A \underbrace{\left[\lambda_B \left(\frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{1A}} - \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{2A}} \right) - \lambda_B \left(\frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{1B}} - \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{2B}} \right) \right]}_{R_A} = \lambda_A$$

$$\frac{dT_B}{dP_{GB}} + \lambda_B \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{GB}} + \\ + \beta_B \underbrace{\left[\lambda_A \left(\frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{1B}} - \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{2B}} \right) - \lambda_A \left(\frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{1A}} - \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{2A}} \right) \right]}_{R_B} = \lambda_B. \qquad (37)$$

Se vede că din punct de vedere riguros condițiile de optim nu se reduc la optimul individual în fiecare sistem, ca în cazul existenței unei singure linii de interconexiune, formulele (18′). Dacă se admite din practică [3] că $R_A = R_B = 0$, atunci se vede cu ușurință că optimul global în ipoteza $P_s = P_{s0}$ se reduce la realizarea optimului individual al fiecărui sistem.

3° Cazul a trei sisteme energetice interconectate în lanț. Un astfel de caz este destul de frecvent în practică.

Se notează:

P_{sA} = soldul puterii de schimb al sistemului A;
P_{sB} = soldul puterii de schimb al sistemului B (put. de schimb B);
P_{sC} = soldul puterii de schimb al sistemului C (put. de schimb C).

Se vede că:

$$P_{sA} + P_{sB} + P_{sC} = 0. \qquad (38)$$

Condițiile suplimentare de extremum sînt:

$$P_{GA} - P_{sA} - p_A = \text{ct.};$$
$$P_{GB} - p_B - P_{sB} = \text{ct.}; \qquad (39)$$
$$P_{GC} - p_C + P_{sA} + P_{sB} = \text{ct.}$$

Ecuațiile de optim sînt:

$$T = T_A + T_B + T_C = \text{minim} \qquad (40)$$

condiționat de (39).

Aici variabilele independente sînt P_{GA}, P_{GB}, P_{GC}, P_{sA}, p_{sB}.

Funcția lui Lagrange se scrie:

$$\Phi = T - \lambda_A (P_{GA} - p_A - P_{sA}) - \lambda_B - (P_{GB} - p_B - P_{sB}) - \\ - \lambda_C (P_{GC} - p_C + P_{sA} + P_{sB}) \qquad (41)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_{GA}} = \frac{dT_A}{dP_{GA}} - \lambda_A \left(1 - \frac{\partial p_A}{\partial P_{GA}} \right) - \lambda_B \left(- \frac{\partial p_B}{\partial P_{GB}} \right) - \\ - \lambda_C \left(- \frac{\partial p_C}{\partial P_{GC}} \right) = 0$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_{GB}} = \frac{dT_B}{dP_{GB}} - \lambda_A \left(- \frac{\partial p_A}{\partial P_{GB}} \right) - \lambda_B \left(1 - \frac{\partial p_B}{\partial P_{GB}} \right) + \\ - \lambda_C \left(- \frac{\partial p_C}{\partial P_{GB}} \right) = 0$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_{GC}} = \frac{dT_C}{dP_{GC}} - \lambda_A \left(- \frac{\partial p_A}{\partial P_{GC}} \right) - \lambda_B \left(1 - \frac{\partial p_B}{\partial P_{GC}} \right) - \\ - \lambda_C \left(1 - \frac{\partial p_C}{\partial P_{GC}} \right) = 0 \qquad (42)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_{sA}} = - \lambda_A \left(- 1 - \frac{\partial p_A}{\partial P_{sA}} \right) - \lambda_B \left(- \frac{\partial p_B}{\partial P_{sA}} \right) - \\ - \lambda_C \left(1 - \frac{\partial p_C}{\partial P_{sA}} \right) = 0$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial P_{sB}} = - \lambda_A \left(- \frac{\partial p_A}{\partial P_{sB}} \right) - \lambda_B \left(- 1 - \frac{\partial p_B}{\partial P_{sB}} \right) - \\ - \lambda_C \left(1 - \frac{\partial p_C}{\partial P_{sB}} \right) = 0$$

unde, evident, se consideră:

$$p_A = p_A (P_{GA}, P_{GB}, P_{GC}, P_{sA}, P_{sB}),$$

și de asemenea p_B și p_C funcții de aceleași variabile.

Pentru fiecare sistem însă se dă:

$$p_A = \varphi_A (P_{GA}, P_{1A}, P_{2A});$$
$$p_B = \varphi_B (P_{GB}, P_{sB});$$
$$p_C = \varphi_C (P_{GC}, P_{sC});$$

și ecuațiile (42) se scriu:

$$\frac{dT_A}{dP_{GA}} + \lambda_A \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{GA}} + \lambda_A \left(\frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{1A}} \cdot \frac{\partial P_{1A}}{\partial P_{GA}} + \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{2A}} \cdot \frac{\partial P_{2A}}{\partial P_{GA}} \right) + \\ + \lambda_B \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{sB}} \cdot \frac{\partial P_{sB}}{\partial P_{GA}} + \lambda_C \frac{\partial \varphi_C}{\partial P_{sC}} \cdot \frac{\partial P_{sC}}{\partial P_{GA}} = \lambda_A$$

$$\frac{dT_B}{dP_{GB}} + \lambda_B \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{GB}} + \lambda_B \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{sB}} \cdot \frac{\partial P_{sB}}{\partial P_{GB}} + \lambda_A \left(\frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{1A}} \cdot \right. \\ \left. \cdot \frac{\partial P_{1A}}{\partial P_{GB}} + \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{2A}} \cdot \frac{\partial P_{2A}}{\partial P_{GA}} \right) + \lambda_C \frac{\partial \varphi_C}{\partial P_{sC}} \cdot \frac{\partial P_{sC}}{\partial P_{GB}} = \lambda_B$$

$$\frac{dT_C}{dP_{GC}} + \lambda_C \frac{\partial \varphi_C}{\partial P_{GC}} + \lambda_C \frac{\partial \varphi_C}{\partial P_{sC}} \frac{\partial P_{sC}}{\partial P_{GC}} + \lambda_A \left(\frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{1A}} \times \right. \\ \left. \times \frac{\partial P_{1A}}{\partial P_{GC}} + \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{CA}} \cdot \frac{\partial P_{CA}}{\partial P_{GC}} \right) + \lambda_B \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{sB}} \cdot \frac{\partial P_{sB}}{\partial P_{GC}} = \lambda_C \qquad (43)$$

$$\lambda_A\left(1+\frac{\partial\varphi_A}{\partial P_{1A}}\cdot\frac{\partial P_{1A}}{\partial P_{sA}}+\frac{\partial\varphi_A}{\partial P_{2A}}\cdot\frac{\partial P_{2A}}{\partial P_{sA}}\right)+$$

$$+\lambda_B\frac{\partial\varphi_B}{\partial P_{sB}}\cdot\frac{\partial P_{sB}}{\partial P_{sA}}-\lambda_C\left(1-\frac{\partial\varphi_C}{\partial P_{sC}}\cdot\frac{\partial P_{sC}}{\partial P_{sA}}\right)=0$$

$$\lambda_A\left(\frac{\partial\varphi_A}{\partial P_{1A}}\cdot\frac{\partial P_{1A}}{\partial P_{sB}}+\frac{\partial\varphi_A}{\partial P_{2A}}\cdot\frac{\partial P_{2A}}{\partial P_{sB}}\right)+$$

$$+\lambda_B\left(1+\frac{\partial\varphi_B}{\partial P_{sB}}\right)-\lambda_C\left(1-\frac{\partial\varphi_C}{\partial P_{sC}}\cdot\frac{\partial P_{sC}}{\partial P_{sB}}\right)=0$$

Se observă imediat că :

$$\frac{\partial P_{sB}}{\partial P_{GA}}=\frac{\partial P_{sC}}{\partial P_{GA}}=\frac{\partial P_{sB}}{\partial P_{GB}}=\frac{\partial P_{sC}}{\partial P_{GB}}=\frac{\partial P_{sC}}{\partial P_{GC}}=\frac{\partial P_{sB}}{\partial P_{GC}}=$$

$$=\frac{\partial P_{sB}}{\partial P_{sA}}=0, \qquad (44)$$

iar

$$\begin{aligned} P_{1A}&=P_{sB};\\ P_{2A}&=-P_{sA}-P_{sB};\\ P_{sC}&=-P_{sA}-P_{sB}. \end{aligned} \qquad (45)$$

Deci ecuațiile (43) devin :

$$\begin{aligned} &\frac{\mathrm{d}T_A}{\mathrm{d}P_{GA}}+\lambda_A\frac{\partial\varphi_A}{\partial P_{GA}}=\lambda_A\\ &\frac{\mathrm{d}T_B}{\mathrm{d}P_{GA}}+\lambda_B\frac{\partial\varphi_B}{\partial P_{GB}}=\lambda_B\\ &\frac{\mathrm{d}T_C}{\mathrm{d}P_{GA}}+\lambda_C\frac{\partial\varphi_C}{\partial P_{GC}}=\lambda_C\\ &\lambda_A\left(1-\frac{\partial\varphi_A}{\partial P_{2A}}\right)=\lambda_C\left(1+\frac{\partial\varphi_C}{\partial P_{sC}}\right)\\ &\lambda_A\left(\frac{\partial\varphi_A}{\partial P_{1A}}-\frac{\partial\varphi_A}{\partial P_{2A}}\right)+\lambda_B\left(1+\frac{\partial\varphi_B}{\partial P_{sB}}\right)-\\ &\qquad-\lambda_C\left(1+\frac{\partial\varphi_C}{\partial P_{sC}}\right)=0. \end{aligned} \qquad (46)$$

Ultima relație fiind condiționată de penultima, se poate scrie :

$$\lambda_A\left(1-\frac{\partial\varphi_A}{\partial P_{1A}}\right)=\lambda_B\left(1+\frac{\partial\varphi_B}{\partial P_{sB}}\right)$$

Rezultă că optimul economic global se atinge cînd în fiecare din sistemele A, B, c se realizează optimul economic individual și în plus sînt satisfăcute condiții între :

$$b_{sA},\ b_{sB},\ b_{sB},$$

unde

$$b_{sA}=\lambda_A\left(1-\frac{\partial\varphi_A}{\partial P_{1A}}\right);$$

$$b_{sB}=\lambda_B\left(1+\frac{\partial\varphi_B}{\partial P_{sB}}\right);$$

$$b_{sC}=\lambda_C\left(1+\frac{\partial\varphi_C}{\partial P_{sC}}\right).$$

Se remarcă cu ușurință că în cazul soldurilor fixe optimul global se realizează cînd în fiecare din sisteme se atinge optimul individual.

Cazurile care s-au tratat au fost considerate ca cele mai uzuale care apar în general în practica interconexiunii între state.

Concluzii

În articolul anterior [1] și în lucrarea de față se analizează criteriile de repartiție optimă a sarcinii în sistemele energetice unitare și interconectate. În fiecare din cazuri se tratează problema optimului economic în două variante :

1. P r i m a v a r i a n t ă se referă la metoda de calcul riguros, fără aproximații, din punct de vedere teoretic. Aceste metode au fost elaborate recent atît în literatura de specialitate cît și de autorii acestui articol.

— Metodele menționate recurg în determinarea extremului condiționat la considerarea ca variabile independente a curenților complecși din nodurile rețelei, în locul puterilor active și reactive ale centralelor.

— Din rezolvarea problemei de optim rezultă în mod riguros încărcarea activă și reactivă a centralelor și nivelul de tensiune în toate nodurile rețelei. După cum s-a văzut, calculul se efectuează însă considerînd o tensiune rigidizată într-unul din nodurile rețelei. În acest sens se știe că dacă într-o rețea pasivă se impun în toate nodurile puterile aparente complexe, regimul din rețea este univoc determinat. Calculul economic optim bazat pe această afirmație ar implica un nivel de tensiune diferit de cel corespunzător, aceasta impunînd deci necesitatea fixării unui nivel de tensiuni într-un mod arbitrar al rețelei. Se vede deci că apare oportună impunerea unui program de variație a tensiunii rigidizate pentru obținerea unui nivel optim de tensiune în toată rețeaua.

2. A d o u a v a r i a n t ă de metode recurge la o serie de ipoteze simplificatoare, care se pot împărți în două categorii :

a) *Prima categorie de ipoteze simplificatoare* se referă la scrierea într-o formă simplificată a ecuațiilor extremale. În acest sens se consideră următoarele simplificări :

— neglijarea admitanțelor transversale (capacitățile liniilor de transport) ;

— considerarea unui consumator global și deci condiția $\sum_{k\in C}P_k$, $\sum_{k\in C}Q_k=$ constant, ceea ce face necesară utilizarea unei formule de pierderi, de care metoda riguroasă se dispensează ;

— considerarea la consumatorul global numai a puterii active, impunînd ca fiecare centrală reglantă să funcționeze cu factor de putere constant.

b) *A doua categorie de ipoteze simplificatoare* se referă la determinarea formulei explicite de pierderi și a calculului diverselor derivate

parțiale ale pierderilor în raport cu puterile active și reactive ale centralelor reglante. Aceste ipoteze simplificatoare sînt :

— invarianța vectorială a tensiunii din nodurile afectate centralelor reglante, precum și considerarea unei rețele omogene. Avantajul prezentat de acest tip de ipoteze este reprezentat de faptul că se poate efectua calculul de optim economic fără a considera configurația rețelei ;

— considerarea variației proporționale a curenților consumatorilor față de curentul total, precum și invarianța vectorială a tensiunilor din nodurile afectate centralelor, în raport cu puterea activă. În calculul bazat pe acest tip de ipoteze rețeaua nu se presupune omogenă, ceea ce implică, după cum s-a văzut, luarea în considerație a configurației rețelei. Acest tip de ipoteze permite determinarea unei formule de pierderi în funcție numai de puterile active ale centralelor. Aceasta este cunoscuta formulă a coeficienților „B". Întrucît este necesară cunoașterea puterilor active furnizate de centralele reglante , metoda se pretează numai în cazul unui reglaj centralizat. Din punctul de vedere al calculului coeficienților „B", singura dificultate este de a determina matricea impedanțelor proprii și de transfer a sistemului în raport cu punctul de referință ; o dată această matrice cunoscută, trecerea la matricea (B) se face ușor. Se remarcă că din cauza ipotezei referitoare la $\cos \varphi = \text{constant}$, la toate centralele reglante se presupune un „paralelism" între curbele de sarcină ale puterilor active și reactive ale centralelor, lucru care se întîmplă în general cînd predomină consumatorii industriali.

În scopul determinării coeficienților „B", în literatura de specialitate au fost propuse o serie de metode care folosesc ipoteze simplificatoare față de cele inițiale.

În articolul de față, după cum s-a văzut, se abordează problema calculului repartiției optime în cazul sistemelor energetice interconectate. Analog cu [1] se consideră de asemenea două variante de calcul. Se menționează că ecuațiile care descriu în mod riguros optimul economic global au fost desfăcute în sisteme de ecuații aferente fiecărui sistem energetic, conexiunea lor realizîndu-se pe baza condițiilor riguroase impuse de interconexiunea din punct de vedere electric. În acest scop, pe baza analizei matriciale, s-au dedus expresiile generale ale curenților de schimb în funcție de curenții injectați în toate nodurile rețelei unitare, care rezultă din considerarea sistemelor interconectate ca un singur sistem unitar.

3. În continuare, în articol se consideră ipoteze simplificatoare analoge cu [1], în sensul considerării de consumatori globali în fiecare din sistemele interconectate. Relațiile de legătură între aceste condiții se exprimă cu ajutorul soldurilor de putere interschimbate între sistemele energetice considerate. Aceasta aduce la o simplificare a scrierii ecuațiilor. Considerarea unor ipoteze simplificatoare duce la determinarea pe bază de calcul, în mod univoc, a puterilor interschimbate, în funcție numai de puterile generate în fiecare din sisteme, precum și în funcție de soldurile puterilor de schimb.

Drept cazuri particulare s-au considerat cazurile descrise de interconexiunile cu sold de puteri de schimb constant. S-a constatat că optimul economic global se realizează atunci cînd condițiile de repartiție optimă sînt atinse în fiecare din sistemele energetice interconectate.

Un caz particular, menționat în articol, dar nerezolvat, întrucît în genere nu este uzitat în practică, este reprezentat de interconexiunile cu energie de schimb impusă. Această problemă se rezolvă în mod analog cu calculul de repartiție optimă în cazul considerării atît a centralelor hidroelectrice cît și a centralelor termoelectrice cu consum impus de combustibil, lucru expus în [1].

În lucrările ce vor urma se vor expune procedeele de automatizare centralizată și descentralizată a proceselor optimale enumerate atît în [1] cît și în articolul de față, conform metodelor corespunzătoare.

Anexă

Se va trata cazul a trei sisteme interconectate fiecare prin două linii de legătură (fig. 4). Acesta este un caz mai puțin întîlnit în practica interconexiunilor și va fi analizat în anexa de față.

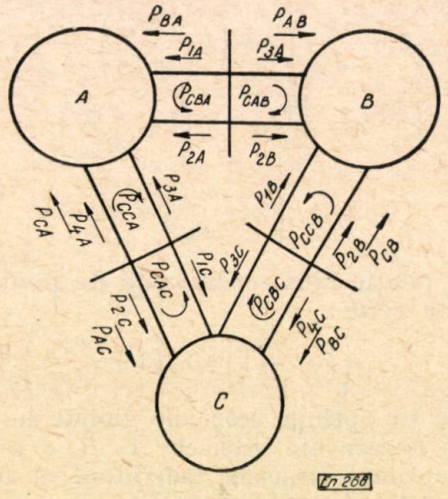


Fig. 4.

Pentru a simplifica expunerea, se vor impune condiții suplimentare numai pentru puterile active, menționîndu-se că autorii au efectuat calculul și în cazul cînd condițiile suplimentare de extremum intervin și puterile reactive.

Ecuațiile se scriu :

$$T = T_A + T_B + T_C \equiv \text{minim} \qquad (1)$$

condiționat de :

$$P_{GA} - P_{sA} - P_A = \text{constant} ;$$
$$P_{GB} + P_{sA} + P_{sC} - p_B = \text{constant} ; \qquad (2)$$
$$P_{GC} - P_{sC} - p_C = \text{constant}, \qquad (2')$$

unde:

P_{sA} este soldul puterii de schimb al sistemului A;

P_{sC} — soldul puterii de schimb al sistemului C;

$P_{sB} = -P_{sA} - P_{sC}$ — soldul puterii de schimb al sistemului B.

Rezultă funcţia lui Lagrange:

$$\Phi = T - \lambda_A (P_{GA} - P_{sA} - p_A) - \lambda_B (P_{GB} + P_{sA} + P_{sC} - p_B) - \lambda_C (P_{GC} - P_{sC} - p_C), \quad (3)$$

semnul (−) s-a folosit pentru simetria ecuaţiilor.

Se poate scrie simbolic:

$$\frac{dT_A}{dP_{GA}} - \lambda_A \left(1 - \frac{\partial p_A}{\partial P_{GA}}\right) + \lambda_B \frac{\partial p_B}{\partial P_{GA}} + \lambda_C \frac{\partial p_C}{\partial P_{GA}} = 0,$$

şi idem pentru sistemele B şi C:

$$\lambda_A \left(1 + \frac{\partial p_A}{\partial P_{sA}}\right) - \lambda_B \left(1 - \frac{\partial p_B}{\partial P_{sA}}\right) + \lambda_C \frac{\partial p_C}{\partial P_{sA}} = 0; \quad (4)$$

$$\lambda_A \frac{\partial p_A}{\partial P_{sC}} - \lambda_B \left(1 - \frac{\partial p_B}{P_{sC}}\right) + \lambda_C \left(1 + \frac{\partial p_C}{P_{sC}}\right) = 0,$$

unde:

$$p_A = p_A (P_{GA}, P_{GB}, P_{GC}, P_{sA}, P_{sC});$$
$$p_B = p_B (P_{GA}, P_{GB}, P_{GC}, P_{sA}, P_{sC});$$
$$p_C = p_C (P_{GA}, P_{GB}, P_{GC}, P_{sA}, P_{sC});$$

Variabile independente fiind P_{GA}, P_{GB}, P_{GC}, P_{sA}, P_{sC}, din [1], formulele (45) rezultă:

$$p_A = \varphi_B (P_{GA}, P_{iA}) \quad i \in s_A;$$
$$p_B = \varphi_B (P_{GB}, P_{iB}) \quad i \in s_B;$$
$$p_C = \varphi_C (P_{GC}, P_{iC}) \quad i \in s_C;$$

formule care se obţin cunoscînd matricele impedanţelor fiecărui sistem în parte.

În cele ce urmează se vor stabili relaţii în forma:

$$P_{iA} = P_{iA} (P_{GA}, P_{GB}, P_{GC}, P_{sA}, P_{sC}), \quad (5)$$

idem pentru sistemele B şi C.

Rezultă deci:

$$\frac{\partial p_A}{\partial P_{GA}} = \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{GA}} + \sum_{i \in s_A} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{GA}}$$

$$\frac{\partial p_A}{\partial P_{GB}} = \sum_{i \in s_A} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{GB}}$$

$$\frac{\partial p_A}{\partial P_{GC}} = \sum_{i \in s_A} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{GC}},$$

idem pentru sistemele B şi C. (6)

$$\frac{\partial p_A}{\partial P_{sA}} = \sum_{i \in s_A} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{sA}};$$

$$\frac{\partial p_A}{\partial P_{sC}} = \sum_{i \in s_A} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{sC}};$$

idem pentru sistemele B şi C.

Înlocuind relaţiile (6) în (4) se obţine:

$$\frac{dT_A}{dP_{GA}} + \lambda_A \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{GA}} + \underbrace{\lambda_A \sum_{i \in s_A} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{GA}} + \lambda_B \sum_{i \in s_B} \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{iB}} \times \frac{\partial P_{iB}}{\partial P_{GA}} + \lambda_C \sum_{i \in s_C} \frac{\partial \varphi_C}{\partial P_{iC}} \cdot \frac{\partial P_{iC}}{\partial P_{GA}}}_{R_A} = \lambda_A \quad (6')$$

idem pentru sistemele B şi C

$$\lambda_A \left(1 + \sum_{i \in s_A} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \cdot \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{sA}}\right) - \lambda_B \left(1 - \sum_{i \in s_B} \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{iB}} \cdot \frac{\partial P_{iB}}{\partial P_{sA}}\right) + \lambda_C \sum_{i \in s_C} \frac{\partial P_C}{\partial P_{iC}} \cdot \frac{\partial P_{iC}}{\partial P_{sA}} = 0$$

$$\lambda_A \sum_{i \in s_A} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{iA}} - \lambda_B \left(1 - \sum_{i \in s_B} \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{iB}} \frac{\partial P_{iB}}{\partial P_{sC}}\right) + \lambda_C \left(1 + \sum_{i \in s_C} \frac{\partial \varphi_C}{\partial P_{iC}} \frac{\partial P_{iC}}{\partial P_{sC}}\right) = 0$$

sau:

$$\frac{dT_A}{dP_{GA}} + \lambda_A \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{GA}} + R_A = \lambda_A$$

$$\frac{dT_B}{dP_{GB}} + \lambda_B \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{GB}} + R_B = \lambda_B \quad (7)$$

$$\frac{\partial T_C}{dP_{GC}} + \lambda_C \frac{\partial \varphi_C}{\partial P_{GC}} + R_C = \lambda_C$$

$$\underbrace{\lambda_A \left(1 + \sum_{i \in s_A} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{sA}}\right) + \lambda_C \sum_{i \in s_C} \frac{\partial \varphi_C}{\partial P_{iC}} \frac{\partial P_{iC}}{\partial P_{sA}}}_{b_{sA-B}} =$$

$$= \underbrace{\lambda_B \left(1 - \sum_{i \in s_B} \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{iB}} \frac{\partial P_{iB}}{\partial P_{sA}}\right)}_{b_{sB-A}}$$

$$\underbrace{\lambda_C \left(1 + \sum_{i \in s_C} \frac{\partial \varphi_C}{\partial P_{iC}} \frac{\partial P_{iC}}{\partial P_{sC}}\right) + \lambda_A \sum_{i \in s_A} \frac{\partial \varphi_A}{\partial P_{iA}} \frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{sC}}}_{b_{sC-B}} =$$

$$= \underbrace{\lambda_B \left(1 - \sum_{i \in s_B} \frac{\partial \varphi_B}{\partial P_{iB}} \frac{\partial P_{iB}}{\partial P_{sC}}\right)}_{b_{sB-C}}$$

deci în final se poate scrie, cu notaţiile precizate în [1]:

$$b_A + \lambda_A \sigma_A + R_A = \lambda_A;$$
$$b_B + \lambda_B \sigma_B + R_B = \lambda_B; \quad (8)$$
$$b_C + \lambda_C \sigma_C + R_C = \lambda_C;$$
$$b_{sA-B} = b_{sB-A};$$
$$b_{sC-B} = b_{sB-C};$$

unde:

b_{sA-B}, b_{sB-A}, b_{sC-B} reprezintă creşterile diferenţiale referitoare la schimbul de puteri active.

De asemenea, după [3] rezultă că R_A, R_B, R_C pot fi neglijate, și deci se obține:

$$\left.\begin{aligned} \frac{b_A}{1-\sigma_A} &= \lambda_A \\ \frac{b_B}{1-\sigma_B} &= \lambda_B \\ \frac{b_C}{1-\sigma_C} &= \lambda_C \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

$$b_{sA-B} = b_{sB-A}$$

$$b_{sC-B} = b_{sB-C}.$$

Se observă că în ecuațiile (7) intervin termeni de forma: $\frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{GA}}$, $\frac{\partial P_{iA}}{\partial P_{sA}}$, ... etc.

După cum se vede din figura 2, puterile circulante P_{CBA}, P_{CAB} etc. sînt definite de relațiile:

$$\left.\begin{aligned} P_{CBA} &= P_{1A}; \\ P_{CAB} &= P_{3B}; \\ &\cdots\cdots\cdots \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

de asemenea, se vede că:

$$\left.\begin{aligned} P_{1A} &= -P_{3B}; \\ P_{2A} &= -P_{1B}. \\ &\cdots\cdots\cdots \end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

Puterile de circulație se introduc în scopul simplificării relațiilor și al precizării calculelor ce urmează.

Se pot scrie deci relațiile care urmează, dintre care unele sînt relații de definiție:

$$\begin{aligned} (P_{GA}) &= (P_{GA}) \\ P_{1A} &= -P_{CAB} \\ P_{2A} &= -P_{AB} \quad P_{CAB} \\ P_{3A} &= P_{CA} \quad -P_{CCA} \\ P_{4A} &= P_{CCA} \end{aligned} \qquad (12)$$

Relațiile (19) se pot scrie matricial:

$$\begin{vmatrix} (P_{GA}) \\ (P_{sA}) \\ (P_{GB}) \\ (P_{sB}) \\ (P_{GC}) \\ (P_{sC}) \end{vmatrix} = (C_1) \begin{vmatrix} (P_{GA}) \\ (P_{GB}) \\ (P_{GC}) \\ P_{AB} \\ P_{BC} \\ P_{CA} \\ P_{CAB} \\ P_{CBC} \\ P_{CCA} \end{vmatrix} \qquad (13)$$

$(C_1) =$

	(P_{GA})	(P_{GB})	(P_{GC})	P_{AB}	P_{BC}	P_{CA}	P_{CAB}	P_{CBC}	P_{CCA}
(P_{GA})	1								
P_{1A}							−1		
P_{2A}				−1			1		
P_{3A}						1			1
P_{4A}									1
(P_{GB})		1							
P_{1B}					1			1	
P_{2B}								1	
P_{3B}							1		
P_{4B}				1			−1		
(P_{GC})			1						
P_{1C}						1			
P_{2C}									−1
P_{3C}					1			−1	
P_{4C}									1

rezultă că:

$$\begin{vmatrix} (P_G) \\ (P_C) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} (P_{GA}) \\ (P_{GB}) \\ (P_{GC}) \\ P_{AB} \\ P_{BC} \\ P_{CA} \end{vmatrix} (B_2) \begin{vmatrix} (P_G) \\ (P_C) \end{vmatrix} \qquad (14)$$

unde:

$$(P_G) = \begin{vmatrix} (P_{GA}) \\ (P_{GB}) \\ (P_{GC}) \\ P_{AB} \\ P_{BC} \\ P_{CA} \end{vmatrix}, \quad (P_C) = \begin{vmatrix} P_{CAB} \\ P_{CBC} \\ P_{CCA} \end{vmatrix}, \quad (B_2) = \begin{array}{c|cc} & P_G & P_C \\ \hline P_G & (B_{21}) & (B_{22}) \\ \hline P_C & (B_{23}) & (B_{21}) \end{array} \qquad (15)$$

cu $(B_{23}) = (B_{22})_t$,

iar:

$$(B_1) = \begin{array}{c|ccc} & A & B & C \\ \hline A & (B_A) & & \\ \hline B & & (B_B) & \\ \hline C & & & (B_C) \end{array}.$$

Explicitîndu-se (14) în funcție de (15) se obține:

$$\begin{aligned} p = {} & (P_G)_t\,(B_{21})\,(P_G) + (P_G)_t\,(B_{22})\,(P_C) + \\ & + (P_G)_t\,(B_{23})\,(P_G) + (P_C)_t\,(B_{21})\,(P_C) \end{aligned} \qquad (16)$$

Se consideră ca ipoteze suplimentare simplificatoare [3]:

$$\frac{\partial p}{\partial P_{CAB}} = \frac{\partial p}{\partial P_{CBC}} = \frac{\partial p}{\partial P_{CCA}} = 0, \tag{17}$$

de unde rezultă:

$$(B_{23})\,(P_G) + (B_{24})\,(P_C) = 0$$

sau

$$(P_C) = -\,(B_{24})^{-1}\,(B_{23})\,(P_G). \tag{18}$$

Înlocuind expresia lui (P_c) în relaţia (16) se obţine:

$$p = (P_G)_t\,[(B_{21}) - (B_{22})\,(B_{22})\,(B_{21})^{-1}\,(B_{23})]\,(P_G) \tag{19}$$

sau:

$$p = (P_G)_t\,(B_3)\,(P_G), \tag{20}$$

unde se notează cu:

$(B_3) = (B_{21}) - (B_{22})\,(B_{21})^{-1}\,(B_{23}) =$

$$= \begin{array}{c|cc|cc|cc} & P_{GA} & P_{GB} & P_{GC} & P_{AB} & P_{BC} & P_{CA} \\ \hline P_{GA} & & & & & & \\ P_{GB} & & (B_{21}) & & & (B_{32}) & \\ P_{GC} & & & & & & \\ \hline P_{AB} & & & & & & \\ P_{BC} & & (B_{23}) & & & (B_{34}) & \\ P_{CA} & & & & & & \end{array} \tag{21}$$

Revenind la relaţia (13) se vede că se poate deduce uşor expresia:

$$(P_s) = (C_1')\begin{array}{|c|}\hline P_{AB} \\ \hline P_{BC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline (P_c) \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|}\hline (C_{11}) & (C_{12}) \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|}\hline P_{AB} \\ \hline P_{BC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline (P_c) \\ \hline \end{array} \tag{22}$$

unde:

$$P_s = \begin{array}{|c|}\hline (P_{sA}) \\ \hline (P_{sB}) \\ \hline (P_{sC}) \\ \hline \end{array}$$

$$(C_1)' = \begin{array}{c|cccccc} & P_{AB} & P_{BC} & P_{CA} & P_{CAB} & P_{CBC} & P_{CCA} \\ \hline P_{1A} & & & & -1 & & \\ P_{2A} & -1 & & & 1 & & \\ P_{3A} & & & 1 & & & -1 \\ B_{4A} & & & & & & 1 \\ P_{1B} & & -1 & & & 1 & \\ P_{2B} & & & & & 1 & \\ P_{3B} & & (C_{11}) & & 1 & (C_{12}) & \\ P_{4B} & 1 & & & -1 & & \\ P_{1C} & & -1 & & & & 1 \\ P_{2C} & & & & & & -1 \\ P_{3C} & & 1 & & & -1 & \\ P_{4C} & & & & & & 1 \end{array}$$

Dezvoltînd relaţia (23) se obţine:

$$(P_s) = (C_{11})\begin{array}{|c|}\hline P_{AB} \\ \hline P_{BC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline \end{array} + (C_{12})\,(P_c) \tag{23}$$

Ţinînd cont de (1) rezultă:

$$(P_s) = (C_{11})\begin{array}{|c|}\hline P_{AB} \\ \hline P_{BC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline \end{array} - (C_{12})\,(B_{21})^{-1}\,(B_{23})\begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\ \hline (P_{GB}) \\ \hline (P_{GC}) \\ \hline \end{array} \tag{24}$$

Făcînd notaţia:

$$(C_{12})\,(B_{21})^{-1}\,(B_{23}) = (D_1)\,(D_2)$$

rezultă:

$$(P_s) = (C_{11})\begin{array}{|c|}\hline P_{AB} \\ \hline P_{BC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline \end{array} + (D_1)\,(D_2)\begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\ \hline (P_{GB}) \\ \hline (P_{GC}) \\ \hline (P_{AB}) \\ \hline (P_{BC}) \\ \hline (P_{CA}) \\ \hline \end{array} \tag{25}$$

sau:

$$(P_s) = (C_{11})\begin{array}{|c|}\hline P_{AA} \\ \hline P_{BC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline \end{array} + (D_1)\begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\ \hline (P_{CB}) \\ \hline P_{GC} \\ \hline \end{array} + (D_2)\begin{array}{|c|}\hline P_{AB} \\ \hline P_{BC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline \end{array} =$$

$$= (D_1)\begin{array}{|c|}\hline P_{GA} \\ \hline P_{GB} \\ \hline P_{GC} \\ \hline \end{array} + [(C_{11}) + (D_2)]\begin{array}{|c|}\hline P_{AB} \\ \hline P_{BC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline \end{array} =$$

$$= \begin{array}{|c|c|}\hline (D_1) & (C_{11}) + (D_2) \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\ \hline (P_{GB}) \\ \hline (P_{GC}) \\ \hline P_{AB} \\ \hline P_{BC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline \end{array} = (D_2)\,(P_G) \tag{26}$$

unde s-a notat:

$$(D_2) = \begin{array}{|c|c|}\hline (D_1) & (C_{11}) + (D_2) \\ \hline \end{array}.$$

Aşadar, se obţin din relaţiile de condiţie (17) expresiile (20) şi (26). Cu aceste precizări schema din figura 4 poate fi echivalată cu schema din figura 5 unde:

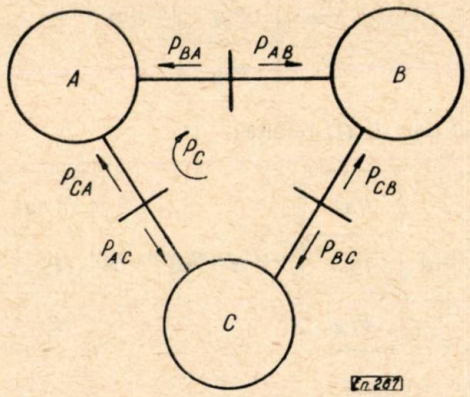


Fig. 5.

$$P_{sA} = P_{AB} - P_{CA};$$
$$P_{sB} = P_{BC} - P_{AB}; \qquad (27)$$
$$B_{sC} = P_{CA} - P_{BC}$$

şi deci:

$$P_{sB} = - P_{sA} - P_{sC}. \qquad (28)$$

Se introduce analog ca mai sus puterea circulantă $P_C = P_{CA}$ şi rezultă:

$$\begin{aligned}
(P_{GA}) &= (P_{GA}) \\
(P_{GB}) &= (P_{GB}) \\
(P_{GC}) &= (P_{GC}) \\
P_{AB} &= P_{sA} + P_c \\
P_{BC} &= -P_{sC} + P_c \\
P_{CA} &= + P_c
\end{aligned} \qquad (29)$$

sau matricial

$$\begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\ \hline (P_{GB}) \\ \hline (P_{GC}) \\ \hline P_{BA} \\ \hline P_{BC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline \end{array} = (C_2) \begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\ \hline (P_{GB}) \\ \hline (P_{GC}) \\ \hline P_{sA} \\ \hline P_{sC} \\ \hline P_c \\ \hline \end{array} \qquad (30)$$

unde:

$$(C_2) = \begin{array}{c|cccccc} & (P_{GA}) & (P_{GB}) & (P_{GC}) & P_{sA} & P_{sC} & P_c \\ \hline (P_{GA}) & 1 & & & & & \\ (P_{GB}) & & 1 & & & & \\ (P_{GC}) & & & 1 & & & \\ P_{AB} & & & & 1 & & 1 \\ P_{BC} & & & & & & 1 \\ P_{CA} & & & & & & 1 \end{array},$$

rezultă atunci:

$$p = \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|}\hline (P_{GA}) & (P_{GB}) & (P_{GC}) & P_{sA} & P_{sC} & P_{sc} \\ \hline \end{array}$$

$$B_4 = \begin{array}{c|cc} & & \\ P_{GA} & & \\ P_{GB} & (B_{41}) & (B_{42}) \\ P_{GC} & & \\ \hline P_{sA} & & \\ P_{sC} & (B_{43}) & (B_{44}) \\ P_c & & \end{array} \qquad \begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\ \hline (P_{GB}) \\ \hline (P_{GC}) \\ \hline P_{sA} \\ \hline P_{sC} \\ \hline P_c \\ \hline \end{array} \qquad (31)$$

unde: $(B_4) = (C_2)_t\,(B_3)\,(C_2)$.

Dezvoltînd relaţia (31) şi considerînd încă o ipoteză suplimentară se obţine:

$$\frac{\partial b}{\partial P_c} = 0 \qquad (32)$$

se obţine:

$$P_c = - (B_{44})^{-1}\,(B_{43})\,(P'_G) \qquad (33)$$

unde:

$$(P'_G) = \begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\ \hline (P_{GB}) \\ \hline P_{GC} \\ \hline P_{sA} \\ \hline P_{sC} \\ \hline \end{array}$$

iar pentru expresia pierderilor relaţia:

$$p = (P'_G)_t\,(B_{41}) - (B_{42})\,(B_{44})\,(B_{43})\,(P'_G) \qquad (34)$$

sau

$$p = (P'_G)_t\,(B_5)\,(P'_G), \qquad (35)$$

unde s-a notat cu:

$$(B_5) = (B_{41}) - (B_{42})\,(B_{44})^{-1}\,(B_{43}) =$$

$$= \begin{array}{c|cc} & P_{GA}\ P_{GB}\ P_{GC} & P_{sA}\ P_{sC} \\ \hline P_{GA} & & \\ P_{GB} & (B_{51}) & (B_{52}) \\ P_{GC} & & \\ \hline P_{sA} & & \\ P_{sC} & (B_{53}) & (B_{54}) \end{array}.$$

Considerînd din nou relaţia (30), se deduce cu uşurinţă:

$$\begin{array}{|c|}\hline P_{AB} \\ \hline P_{AC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline \end{array} = (C'_2) \begin{array}{|c|}\hline P_{sA} \\ \hline P_{sC} \\ \hline P_c \\ \hline \end{array} = \begin{array}{c|cc} & P_{sA}\ P_{sC} & P_c \\ \hline & (C_{21}) & (C_{22}) \end{array} \qquad \begin{array}{|c|}\hline P_{sA} \\ \hline P_{sC} \\ \hline P_c \\ \hline \end{array} \qquad (36)$$

în care :

$$(C_2') = \begin{array}{c|c|c|c} & P_{sA} & P_{sC} & P_c \\ \hline P_{AB} & 1 & & 1 \\ \hline P_{BC} & & -1 & 1 \\ \hline P_{CA} & & & 1 \end{array}$$

Dezvoltînd relaţia (29) rezultă :

$$\begin{array}{|c|}\hline P_{AB} \\ \hline P_{BC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline \end{array} = (C_{21}') \begin{array}{|c|}\hline P_{sA} \\ \hline P_{sC} \\ \hline \end{array} + (C_{22})\, P_c \,. \qquad (37)$$

Ţinînd cont de (33) se poate scrie :

$$\begin{array}{|c|}\hline P_{AB} \\ \hline P_{BC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline \end{array} = (C_{21}) \begin{array}{|c|}\hline P_{sA} \\ \hline P_{sC} \\ \hline \end{array} - (C_{22})\,(B_{44})^{-1}(B_{43}) \begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\ \hline (P_{GB}) \\ \hline (P_{GC}) \\ \hline P_{sA} \\ \hline P_{sC} \\ \hline \end{array}$$

Făcîndu-se notaţia : (38)

$$-(C_{22})\,(B_{44})^{-1}(B_{43}) = \begin{array}{|c|c|}\hline P_{GA}\ P_{GB}\ P_{GC} & P_{sA}\ P_{sC} \\ \hline (D_1') & (D_c') \\ \hline \end{array}$$

rezultă :

$$\begin{array}{|c|}\hline P_{AB} \\ \hline P_{AC} \\ \hline P_{CA} \\ \hline \end{array} = (C_{21}) \begin{array}{|c|}\hline P_{sA} \\ \hline P_{sD} \\ \hline \end{array} + (D_1) \begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\ \hline (P_{GB}) \\ \hline (P_{GC}) \\ \hline \end{array} + (D_2) \begin{array}{|c|}\hline P_{sA} \\ \hline P_{sC} \\ \hline \end{array} =$$

$$= (D_1)\,(C_{21}) + (D_2) \begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\ \hline (P_{GB}) \\ \hline (P_{GC}) \\ \hline P_{sA} \\ \hline P_{sC} \\ \hline \end{array} = (D_3)\,(P_G) \qquad (39)$$

unde :

$$(D_3) = \begin{array}{|c|c|}\hline (D_1) & (C_{21}) + (D_2) \\ \hline \end{array}$$

Pe baza celor de mai sus, relaţia (26) se scrie :

$$(P_s) = \begin{array}{|c|c|}\hline (D_{21}) & (D_2) \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|}\hline P_G' \\ \hline P_{AB} \\ \hline P_{BC} \\ \hline \end{array} =$$

$$= (D_{21})\,(P_G) + (D_{22}) \begin{array}{|c|}\hline P_{AB} \\ \hline P_{BC} \\ \hline P_{cA} \\ \hline \end{array} = (D_1)\,(P_G') + (D_{22})\,(D_3)\,(P_G') =$$

$$= (D_{21}) + (D_{22})\,(D_3)\,(P_G') \qquad (40)$$

Notînd :

$$(D_4) = (D_{21}) + (D_{22})\,(D_3),$$

rezultă :

$$(P_s) = (D_4)\,(P_G') \qquad (41)$$

sau explicit :

$$\begin{array}{|c|}\hline P_{1A} \\ \hline P_{2A} \\ \hline P_{3A} \\ \hline P_{4A} \\ \hline P_{1B} \\ \hline P_{2B} \\ \hline P_{3B} \\ \hline P_{4B} \\ \hline P_{1C} \\ \hline P_{2C} \\ \hline P_{3C} \\ \hline P_{4C} \\ \hline \end{array} = {}_{iA} \begin{array}{|c|c|c|}\hline & P_{sA} & P_{sC} \\ \hline (D_4)^1\ (D_4)^2\ (D_4)^3 & D^4_{4iA} & D^5_{5iA} \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|}\hline (P_{GA}) \\ \hline (P_{GB}) \\ \hline (P_{GC}) \\ \hline P_{sA} \\ \hline P_{sC} \\ \hline \end{array} \qquad (42)$$

Deci, în genere, pentru una dintre puterile de schimb există relaţia :

$$P_{iA} = (D_4)^{(1)}_{iA}\,(P_{GA}) + (D_4)^{(2)}_{iA}\,(P_{GB})_i + (D_4)^{(3)}_{iA}\,(P_{GC}) + \\ + D^{(4)}_{4iA}\ P_{sA} + D^{(5)}_{4iA}\,P_s \,. \qquad (43)$$

Cu ajutorul expresiei (43) se pot evalua derivatele amintite.

Bibliografie

[1] Leonida, D. şi Ionescu, V. *Consideraţii asupra problemelor de repartiţie optimă a sarcinii în sistemele energetice. I — Cazul sistemelor energetice unitare.* Energetica nr. 4, 1962.

[2] Moskaliov, A. G. *Samonastraivaiuşciaiasia deţentralizovanaia sistema avtomaticeskovo regulirovania rejima rabotu energosistemi po ceastote i aktivnoi moscinosti.* Elektricestvo nr. 10, 1960.

[3] Kirchmayer, L. K. *Economic Control of power Systems*; John Wiley & Sons, 1959.

[4] *Raportul Comitetului nr. 13* — CIGRE — 1960.

[5] George, E. E. *New method of Making Transmission*-Loss Formulas in power Apparatus and Systems, 1960, iunie.

Probleme privind determinarea repartizării optime a puterilor între centrale cu un calculator analogic

*ADAM SEMLYÉN** – Timişoara

A. Aspectele de bază

Determinarea repartizării optime a puterilor între agregate şi centrale interconectate este o problemă studiată de mult, iar astăzi sînt în funcţie, într-o serie de ţări, instalaţii care asigură şi comanda centralizată a centralelor, astfel, încît cheltuielile totale pe sistem, ţinînd seamă şi de costul pierderillor în reţea, să fie minime [1]. Ca şi în alte probleme de calcul şi aici este posibilă folosirea fie a calculatoarelor numerice, fia a unui calculator analogic, specializat în această problemă. Cum însă determinarea repartizării puterii între centrale este o problemă permanentă [2], care trebuie rezolvată în intervale de cel mult jumătate de oră, rezultă că ea ar solicita întreaga capacitate de lucru a unei maşini electronice de calcul. Din această cauză se dă mare atenţie elaborării calculatoarelor analogice, care rezolvă problema practic instantaneu şi care se pretează şi la telecomanda centralelor. O simplificare esenţială apare prin posibilitatea folosirii modelului de c.c. de la serviciul central de dispecer ca element al calculatorului analogic, care ţine seamă de pierderile în reţea.

Calculatorul analogic trebuie să poată răspunde în orice moment la două probleme de bază :

1) La centrale şi agregate în funcţie date, care este repartizarea optimă a puterii active şi reactive între acestea.

2) Care este, în situaţia de la punctul 1,sau la vreo altă repartizare, costul total de producere a energiei pe întregul sistem.

Astfel, schimbînd unele agregate în funcţie, prin compararea cheltuielilor totale, rezultă pentru fiecare situaţie de consum atît agregatele care vor trebui să preia sarcina, cît şi încărcarea optimă a fiecăruia.

La unele calculatoare analogice se foloseşte o formulă de pierderi, pentru a ţine seamă de pierderile în reţea. Considerăm însă că este mai avantajos să se folosească în acest scop modelul de reţea de c.c., pentru următoarele motive :

1) stabilirea formulei de pierderi necesită calcule sau măsurători premergătoare [3] ;

2) formula de pierderi presupune o variaţie proporţională a puterilor consumate şi o anumită configuraţie a reţelei ; prin urmare ea trebuie adesea să fie modificată ;

3) folosirea formulei de pierderi în calculator necesită introducerea în acesta a matericei coeficienţilor B, ceea ce îi complică construcţia ;

4) modelul de reţea de c.c. asigură, în schimb determinări directe atît ale pierderilor în reţea [4], cît şi ale costului diferenţial [5], [6] (multiplicatorul lui Lagrange λ din ecuaţiile de optimizare), la o configuraţie dată a reţelei şi un consum cu o variaţie oarecare.

Folosirea modelului de c.c. pentru a ţine seamă de pierderile în reţea prezintă dezavantajul că în bucle circulaţia curenţilor în modelul de c.c. diferă întrucîtva [7] de cea din realitate, pierderile fiind mai mici (minime), din lipsa reactanţelor. Drept remediu, rezistenţele modelului tebuie mărite puţin. Apreciem însă că erorile produse, afectînd valoarea pierderilor în reţea, adică numai o fracţiune din cheltuielile totale, se pot accepta în aceeaşi măsură ca acelea care rezultă din observaţia 2 de mai sus privind formula de pierderi.

B. Relaţiile fundamentale de calcul

Ecuaţiile cunoscute de optimizare de la care pornim sînt :

$$\frac{\frac{dK_i}{dP_i}}{1-\frac{\partial_p}{\partial p_i}} = \lambda, \qquad (1)$$

unde :

$\frac{dK_i}{dP_i} = K_i'$ este costul diferenţial al energiei în centrala i, funcţie de puterea totală P_i debitată de aceasta ;

$\frac{\partial p}{\partial P_i} = p_i'$ — derivata parţială în raport cu P_i a pierderilor totale în reţea, funcţie de P_1, $P_2, \ldots P_i, \ldots$;

λ — multiplicatorul lui Lagrange, comun în toate ecuaţiile, reprezentînd costul diferenţial în centrul de consum.

În general, K_i' nu este o funcţie simplă a lui P_i, dacă se consideră întregul domeniu de variaţie a acestuia : la porniri de noi agregate apar discontinuităţi, dar, chiar şi între acestea, porţiunile de curbă nu sînt perfect drepte. Totuşi, în limitele funcţionării aceloraşi agregate, dar în orice caz pe treimi sau jumătăţi ale unui asemenea domeniu, deci între limitele bine determinate P_i' şi P_i'', se poate considera variaţia liniară [8] :

$$K_i' = A_i + M_i P_i. \quad (P_i' < P_i < P_i''). \qquad (2)$$

Ţinînd seamă de (2) şi de faptul că $p_i' \ll 1$, ecuaţiile (1) se pot liniariza , aşa cum se va

* Ing. A. Semlyén este conferenţiar la Institutul politehnic din Timişoara.

arăta, și, pînă la urmă, pe baza observației că λ este comun în toate ecuațiile, ele se pot modela ca circuite în paralel, conectate la aceeași tensiune.

Condiția de minim pentru pierderile în rețea produse de circulația puterilor reactive este

$$\frac{\partial p}{\partial Q_i} = \mu \; (\mu = \text{același pentru toate centralele}). \quad (3)$$

C. Problemele puse

Analiza care urmează se va referi succesiv la următoarele probleme:

1) Pierderile în rețea și determinarea pierderilor și a derivatelor lor parțiale.

2) Principiul calculului analogic al repartizării optime și determinarea directă a cheltuielilor totale.

D. Pierderile în rețea

Notînd cu indicele i mărimile din centrale și cu k cele de la consumatori, cu $'$ componentele active și cu $''$ cele reactive, se obține pentru pierderi (toate mărimile în unități relative):

$$\bar{p} = \sum \hat{U}_i \bar{I}_i - \sum \hat{U}_k \bar{I}_k, \quad (4)$$

unde:

$$p = p - jq;$$

$$\bar{U} = U' - jU'';$$

$$\bar{I} = I' - jI''.$$

Prin înlocuire, rezultă partea reală:

$$p = \sum (U_i' I_i' + U_i'' I_i'') - \sum (U_k' I_k' + U_k'' I_k''). \quad (5)$$

Cum

$$\sum \bar{I}_i = \sum \bar{I}_k \; (= \sum \bar{I}),$$

rezultă că în (5) tensiunile nu trebuie măsurate față de nulul rețelei, ci pot fi măsurate față de un punct de o tensiune oarecare $\bar{U}_0$. Astfel, dacă

$$U_0' = \frac{\sum U_k' I_k'}{\sum I_k'} = \sum \alpha_k' U_k' \left(\text{cu } \alpha_k' = \frac{I_k'}{\sum I'} \right), \quad (6)$$

$$U_0'' = \frac{\sum U_k'' I_k''}{\sum I_k''} = \sum \alpha_k'' U_k'' \left(\text{cu } \alpha_k'' = \frac{I_k''}{\sum I''} \right),$$

expresia (5) a pierderilor în forma simplă:

$$p = \sum (U_i' I_i' + U_i'' I_i''). \quad (7)$$

Notarea tensiunilor a fost păstrată neschimbată.

Curenții I_k' (sau I_k'') se pot stabili pe model folosind rezistențe reglabile, avînd conductanțele G_k' (sau G_k'') proporționale cu valoarea curentului, deci și cu α_k' (sau α_k''). Folosind potențiometre duble și legînd în stea a doua ramură (de rezistență egală cu prima), rezultă, corespunzător relațiilor (6), U_0' (sau U_0'') ca potențial al punctului de stea (fig. 1).

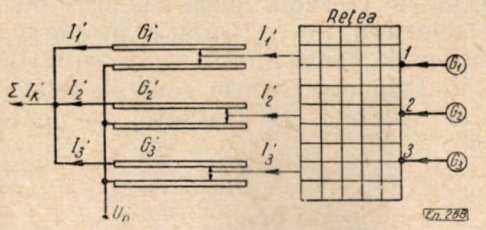


Fig. 1. Realizarea potențialului U_0'.

Cum pierderile se produc numai pe rezistețele rețelei, reactanțele acesteia se pot neglija în schemă, cu condiția ca prin aceasta să nu se modifice substanțial circulația curenților în bucle. Atunci U_i' nu va depinde decît de I_i', iar U_i'', numai de I_i''. Astfel pierderile vor avea două componente independente:

$$p' = \sum U_i' I_i';$$
$$p'' = \sum U_i'' I_i'',$$

iar acestea se vor putea măsura direct prin însumarea puterilor de intrare, față de punctul de ieșire, cu tensiunea U_0', respectiv U_0'' (fig. 1, între 1, 2, 3 și U_0').

Pentru a obține formula de pierderi în funcție de curenți, exprimăm tensiunile de intrare în funcție de curenții centralelor:

$$\bar{U}_i = \sum \bar{Z}_{ij} \bar{I}_j.$$

$$\bar{Z}_{ij} = R_{ij} + jX_{ij}, \quad \bar{Z}_{ij} = \bar{Z}_{ji}.$$

Rezultă:

$$U_i' = \sum R_{ij} I_j' + \sum X_{ij} I_j'';$$
$$U_i'' = -\sum X_{ij} I_j' + \sum R_{ij} I_j''. \quad (8)$$

Prin urmare, expresia (7) a pierderilor devine

$$p = \sum R_{ij} (I_i' I_j' + I_i'' I_j''), \quad (R_{ij} = R_{ji}), \quad (9)$$

sau, ținînd seama că în unități relative curenții au valori practic egale cu puterile respective,

$$p = \sum R_{ij} (P_i P_j + Q_i Q_j), \quad (10)$$

expresie analogă cu formula de pierderi omogenă cucoeficienții B.

E. Derivata pierderilor în rețea

Din (9) și (10) se obține:

$$p_i' = \frac{\partial p}{\partial P_i} = \frac{\partial p}{\partial I_i'} = 2 \sum R_{ij} I_j' = 2 U_i';$$

$$p_i'' = \frac{\partial p}{\partial Q_i} = \frac{\partial p}{\partial I_i''} = 2 \sum R_{ij} I_j'' = 2 U_i'', \quad (11)$$

adică derivatele parțiale sînt egale cu dublul căderilor de tensiune (în unități relative) în modelul de c.c., măsurate față de punctul de stea artificial, realizat ca în figura 1. Prin urmare, aceste mărimi se pot determina direct prin măsurare.

La efectuarea derivării s-a folosit formula omogenă de pierderi, adică s-a presupus, conform relațiilor (6), o variație proporțională a curenților de consum, ceea ce nu se întîmplă în general. Prin urmare , în general, relațiile (11) nu sînt valabile. În realitate, se poate scrie numai :

$$\frac{dI'_k}{d\Sigma I'} = \beta'_k, \quad \frac{dI''_k}{d\Sigma I''} = \beta''_k, \tag{12}$$

unde, în general,

$$\beta_k \neq \alpha_k,$$

dar, bineînțeles,

$$\sum \beta_k = 1.$$

În acest caz general, dezvoltările trebuie să pornească de la expresia (5) a pierderilor, în care tensiunile se măsoară față de un punct oarecare al rețelei, fiind funcție de toți curenții de intrare și ieșire, și avînd expresii asemănătoare cu (8), însă cu semnul schimbat la curenții de consum. Înlocuind în (5), se obține :

$$p = \sum \pm R_{lm} (I'_l I'_m + I''_l I''_m), \tag{13}$$

unde indicii l și m se referă atît la curenții de intrare cît și la cei de ieșire. Semnul este negativ dacă un indice se referă la o sursă iar celălalt la un consumator.

La derivarea relației (13), trebuie să se țină seamă că :

$$\frac{\partial I'_k}{\partial I'_i} = \frac{dI''_k}{d\Sigma I'} \cdot \frac{\partial \Sigma I'_i}{\partial I'_i} = \frac{dI'_k}{d\Sigma I'} = \beta'_k;$$

$$\frac{\partial I''_k}{\partial I''_i} = \frac{dI''_k}{d\Sigma I''} \cdot \frac{\partial \Sigma I''_i}{\partial I''_i} = \frac{dI''_k}{d\Sigma I''} = \beta''_k,$$

iar

$$\frac{\partial I'_j}{\partial I'_e} \text{ și } \frac{\partial I''_j}{\partial I''_i} \begin{cases} = 0 \text{ (dacă } j \neq i); \\ = 1 \text{ (dacă } j = i). \end{cases}$$

De aceea (considerînd reactanțe nule) :

$$\frac{\partial p}{\partial I'_i} = 2 \sum \left(\frac{\partial I'_l}{\partial I'_i} \sum \pm R_{lm} I'_m \right) = 2 \sum \pm R_{im} I'_m +$$

$$+ 2 \sum (\beta'_k \sum \pm R_{km} I'_m) = 2 (U'_i - \sum \beta'_k U'_k);$$

$$\frac{\partial p}{\partial I''_i} = 2 \sum \left(\frac{\partial I''_l}{\partial I''_i} \sum + R_{lm} I''_m \right) = 2 \sum \pm R_{im} I''_m +$$

$$+ 2 \sum (\beta''_k \sum \pm R_{km} I''_w) = 2 (U''_i - \sum \beta''_k U''_k).$$

Definind deci o tensiune de referință $\overline{U}_\lambda$ prin

$$U'_\lambda = \sum \beta'_k U'_k,$$
$$U''_\lambda = \sum \beta''_k U''_k, \tag{14}$$

se obține :

$$p'_i = \frac{\partial p}{\partial I'_i} = 2 (U'_i - U'_\lambda) = 2 U'_{i\lambda};$$
$$p''_i = \frac{\partial p}{\partial I''_i} = 2 (U''_i - U''_\lambda) = 2 U''_{i\lambda}. \tag{15}$$

Se observă că în general derivatele p'_i, p''_i se determină prin măsurarea unei căderi de tensiune nu față de punctul cu tensiunea $\overline{U}_0$, față de care se măsoară pierderile, ci față de un punct diferit, avînd tensiunea U_λ dată de relațiile (14). Pe model această tensiune se poate obține printr-un punct de stea realizat cu rezistențe invers proporționale cu β'_k, respectiv β''_k. Dacă variația curenților de consum este proporțională, atunci $\beta_k = \alpha_k$, $\overline{U}_0 = \overline{U}_\lambda$, iar relațiile (15) coincid cu (11).

Precizarea conținută în relațiile (15), în raport cu (11), nu modifică condițiile determinării repartizării optime pe baza ecuațiilor de optimizare (1), deoarece în toate ecuațiile apare aceeași modificare a lui λ, prin modificarea tensiunii cu $2U'_\lambda$. Situația pentru relațiile (3) este asemănătoare. Într-un contur format din circuite în paralel, tensiunile comune pe ramuri (U'_λ, respectiv U''_λ) nu modifică circulația curenților și nu apar între bornele de intrare.

Pierderile transversale din rețea, ohmice, inductive și capacitive, apar ca niște sarcini constante, deci cu $\beta = 0$. Ele nu influențează deci tensiunea $\overline{U}_\lambda$, deoarece nu apar la formarea punctului de stea ; influențează însă tensiunea $\overline{U}_0$, astfel încît pierderile măsurate să includă și pierderile transversale. Pentru a ține seamă de ele, în schema din figura 1 pot exista și rezistențele respective de valori fixe.

F. Construcția calculatorului analogic

Pe baza celor prezentate se pot stabili principiile de construcție ale calculatorului analogic.

Din (2) se obține :

$$K'_i = A_i + M_i P_i = A_i + M_i (1 + U'_i) I'_i =$$
$$= A_0 [1 + 2e_i + 2r_i (1 + U'_i) I'_i], \tag{16}$$

unde A_0 este o valoare medie (ponderată) a valorilor lui A_i ($i = 1,2, \ldots$), iar

$$2e_i = \frac{A_i - A_0}{A_0},$$
$$2r_i = \frac{M_i}{A_0}. \tag{17}$$

Înlocuind (15) și (16) în ecuațiile de optimizare (1) și (3) scrise sub forma

$$K_i'(1 + p_i') = \lambda;$$

$$p_i'' = \mu,$$

se obține

$$A_0\,[1 + 2e_i + 2r_i(1 + U_i')\,I_i'](1 + 2\,U_{i\lambda}') = \\ = 2A_0\left(\frac{1}{2} + U_{i\lambda}' + r_i'I_i' + e_i'\right) = \lambda \qquad (18)$$

și

$$U_{i\lambda}'' = \frac{\mu}{2}, \qquad (19)$$

unde :

$$r_i' = r_i(1 + 2U_{i\lambda}')(1 + U_i') \cong r_i;$$

$$e_i' = e_i(1 + 2U_{i\lambda}') \cong e_i.$$

Pentru început se pune $r_i' \cong r_i$, $e_i' \cong e_i$. Aplicarea corecției la r_i' și e_i' este posibilă după măsurarea pe model a valorilor U_i', $U_{i\lambda}'$, însă această corecție nu va fi în general necesară

Astfel din (18) și (19) rezultă :

$$U_{i\lambda}' + r_iI_i' + e_i = \frac{1}{2}\left(\frac{\lambda}{A_0} - 1\right) = \lambda'; \qquad (20)$$

$$U_{i\lambda}'' = \frac{\mu}{2} = \mu'. \qquad (21)$$

Acestor relații le corespund schemele din figurile 2 și 3. Rețeaua se realizează sub formă de model de c.c. unic și se comută de la conexiunea din figura 2 la conexiunea din figura 3.

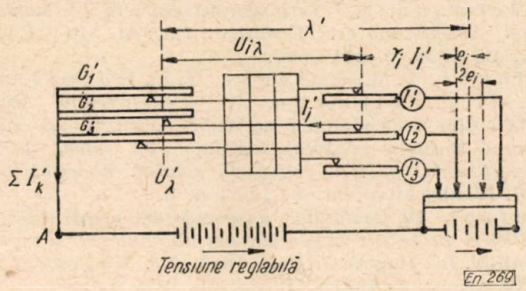


Fig. 2. Schema calculatorului pentru determinarea repartizării optime a puterilor active.

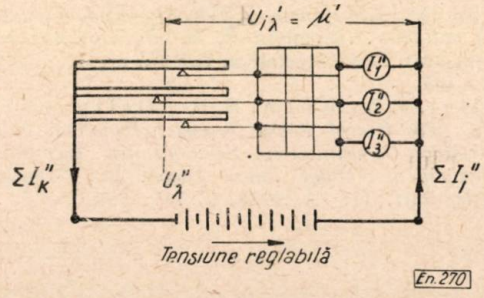


Fig. 3. Schema de conexiune pentru determinarea repartizării optime a puterilor reactive.

Există însă și posibilitatea suprapunerii celor două scheme, alimentînd instalația cu două sisteme de curenți defazați cu 90°.

Dacă vreuna din puteri se impune, deci are o valoare diferită de cea care rezultă din relațiile (20) sau (21), aceasta se poate realiza modificînd tensiunea e_i sau rezistența r_i (în schema din figura 3 acestea trebuie introduse suplimentar) sau ambele, alimentînd de exemplu ramura respectivă la tensiune mărită, printr-o rezistență mare, astfel încît să se stabilească curentul dorit.

G. Determinarea cheltuielilor totale

De cea mai mare importanță este să se obțină pe model o posibilitate de determinare rapidă a cheltuielilor totale din centrale, incluzînd deci și costul pierderilor în rețea. Dacă se integrează (2), ținînd seamă de (17) și de faptul că

$$P_i = (1 + U_i')\,I_i', \qquad (22)$$

se obține :

$$K_i = K_{i0} + A_iP_i + \frac{M_iP_i^2}{2} = K_{i0} + A_0(1 + \\ + 2e_i)(1 + U_i')\,I_i' + A_0r_i(1 + 2U_i')\,I_i'^2,$$

iar prin însumare :

$$\sum K_i = \sum K_{i0} + A_0 \sum (1 + U_i' + \\ + r_i''I_i' + 2e_i'')\,I_i', \qquad (23)$$

unde :

$$r_i'' = r_i(1 + 2U_i') \cong r_i;$$

$$e_i'' = e_i(1 + U_i') \cong e_i.$$

În relația (23), factorul lui I_i' este tensiunea măsurată în figura 2 între A și B, deoarece tensiunea U_0' a centrului de consum fiind egală cu cea nominală, are valoarea 1 în unități relative. Prin urmare, factorul lui A_0 se poate determina direct prin măsurarea sumei puterilor pe care o exprimă. Atunci cînd se urmărește o oprire sau pornire de agregate pentru a reduce cheltuielile, $\sum I_i'$ fiind constant, pentru o mai mare sensibilitate a măsurii, puterea nu trebuie măsurată în întregime, ci numai partea variabilă, măsurînd tensiunile între punctele B și un punct comun, diferit de A și mai apropiat de B, de exemplu punctul cu potențialul U_0' sau o bornă a rețelei.

Dacă se modifică valoarea unuia dintre curenții I_i' față de valoarea optimă, pentru a putea determina în continuare cheltuielile totale conform relației (23), este necesar ca termenul din paranteză să rămînă neschimbat. Pentru aceasta se va influența I_i', lăsînd rezistența neschimbată, dar modificînd tensiunea

de alimentare cu Δe_i. Totodată se va deplasa și poziția punctului B, astfel încît tensiunea $2e_i$ să se mențină neschimbată.

Concluzii

1. Calculatorul analogic cu model de rețea de c.c. prezentat în lucrare rezolvă problema repartizării optime a puterilor active și reactive între centrale, avînd următoarele calități:

a) Este de construcție simplă, fiind format din rezistențe și surse de c.c., iar puterile se determină prin măsurarea unor curenți.

b) Se determină separat repartizarea optimă a puterilor active și a celor reactive, cele două sisteme de curenți neinfluențîndu-se reciproc.

c) Curenții se pot regla, conform unor necesități reale de exploatare și la valori diferite de cele optime care se stabilesc spontan.

d) Caracteristicile de cheltuieli ale centralelor pot fi oarecare, existînd pentru scopuri de măsură posibilitatea de a reproduce numai porțiunea liniară corespunzătoare funcționării unor anumite agregate.

e) Se poate forma într-un punct de stea potențialul de referință pentru măsurarea directă a cheltuielilor diferențiale sau a pierderilor în rețea, cauzate de circulația puterilor active sau reactive.

f) Anulînd toți curenții de intrare în afară de unul, se pot determina prin măsurare directă coeficienții B din expresia derivatei pierderilor în rețea.

g) Cheltuielile totale în centrale se pot determina prin măsurarea directă a unei sume de puteri, care poate fi indicată direct de un wattmetru de însumare. Măsurarea se poate efectua și la curenți de valoare impusă.

h) Modificarea agregatelor în funcție se indică a fi necesară, dacă sînt depășite limitele de curenți la care caracteristica liniară aleasă pentru cheltuielile diferențiale din centrală este valabilă.

i) Modificarea agregatelor în funcție rezultă a fi oportună, dacă prin măsurări făcute pe calculatorul analogic, rezultă o micșorare a cheltuielilor totale. La asemenea măsurări comparative, trebuie să se considere și modificarea cheltuielilor inițiale K_{i0}, iar pentru mărirea preciziei se măsoară numai puterea variabilă la schimbarea agregatelor.

j) Sarcinile pot avea o variație oarecare, neproporțională.

k) Se pot include și sarcinile date de elementele transversale în rețea, ohmice, inductive sau capacitive. Acestea influențează pierderile cu o cîtime fixă, dar prezintă totuși interes la stabilirea puterilor debitate de centrale.

l) Modificările configurației rețelei pot fi luate, în considerare prin modificări aduse la elementele modelului.

m) Funcționarea calculatorului este imediată, putînd urmări cu întîrziere minimă variațiile sarcinii și ale configurației rețelei.

n) Calculatorul se pretează la automatizare și la adaptări în scopul telecomenzii centralelor.

2. Dezavantajele calculatorului considerăm că sînt următoarele:

a) La rețele buclate modelul de c.c. reproduce cu erori circulația curenților în bucle, rezultînd pierderi mai mici decît în realitate. De aceea ramurile respective trebuie alese cu rezistențe mărite.

b) Rezistențele r_i și tensiunile e_i din model trebuie mărite cu un factor de corecție care se poate determina numai în urma unei măsurări prealabile. O măsurare exactă trebui să se efectueze deci în două trepte, sau corecția trebuie aplicată prin apreciere bazată pe experiență.

c) Corecția lui r_i și e_i în relația (20) diferă de cea din (23), ceea ce provoacă erori. Totuși, în special la aplicarea unei corecții medii, eroarea va fi de puține procente, care, referindu-se la un termen mic, va fi neesențială în raport cu neprecizia care există însăși în cunoașterea exactă a caracteristicilor de cheltuieli din centrale, deci a mărimilor K_{i0}, e_i și r_i.

Bibliografie

[1] Vámos, T. și Borovzsky, L. (*Calculul mecanizat al repartizării optime a sarcinii*). Gazdasàgos tehereloszàs gepi szàmitàsa). In: Elektrotechnika, R.P.U., nr. 8–9, 1959, p. 358–369.

[2] Brown, M. J. *An Automatic Dispatching System.* In: Transactions AIEE, Part. III-A, 1959, p. 957–963.

[3] Edelmann, H. *Verlustformel fur ein Verbundnetz und Ausmessung der Verlustko-ffizienten.* In: ETZA, nr. 16, 1958, p. 561–567.

[4] Sinkov, V. M., Zasenko, V. L., Kovalenko, V. P. și Folkmann, K. (Vîcislitelnoe ustroistvo dlia raspredelenia activnoi nagruzki pri zadannom rashode topliva) *Instalație de calcul pentru repartizarea puterii active la consum de combustibil dat.* Elektricestvo, nr. 8, 1960, p. 9.

[5] Carrol, D. *Evaluation approchée des pertes différentielles et du facteur de pénalité par un analyseur a courant continu.* In: Raport CIGRÈ, 1960, Nr. 306 (rezumat în ETZ–A nr. 1, 1961).

[6] Semlyén, A. *Determinarea pe model a repartizării optime a sarcinii între centrale, ținînd seamă de pierderile în rețea.* In: Energetica, ASIT, nr. 2, 1961.

[7] Szendy, K. *Puncte de vedere privind realizarea rețelei naționale.* (Szempontok az orszàgos hàlozat kialakitàsàra). Elektrotechnika, R.P.U., nr. 4–6, 1958, p. 154–165.

[8] Miller, A. R., Koen, H. R. și Deliyannides, J. S. *The Use of Power Transfer Equations to Derive Economic Co-ordination Relationships Expressed as Functions of Voltage Phase Angles.* In: Transactions AIEE, Part. III–A, 1959, p. 747–753.

NOILE NORME APĂRUTE ÎN U.R.S.S. PENTRU PROIECTAREA CENTRALELOR TERMOELECTRICE

În anul 1961, Institutul unional de proiectare „Teploelektroproiekt" a elaborat „Norme pentru proiectarea tehnologică a centralelor termoelectrice, sistemelor energetice, reţelelor electrice şi reţelelor termice". Aceste norme au fost aprobate de Ministerul Construcţiilor de Centrale Electrice şi Soiuzglavenergo de pe lîngă Comitetul de Stat al Planificării al U.R.S.S.

Normele se bazează pe experienţa vastă în proiectarea, construcţia şi exploatarea obiectivelor energetice acumulată în U.R.S.S., ţinînd seama şi de experienţa înaintată a altor ţări.

În actualele norme se acordă importanţă măririi puterii unitare a centralelor termoelectrice şi agregatelor, folosirii pe scară largă a schemelor-bloc şi introducerii echipamentului mai perfecţionat, cu parametri ridicaţi ai aburului.

După cum rezultă din calcule, trecerea de la agregate de 50 MW putere unitară, cu parametrii aburului 100 ata, 500°C, la agregate de 200 MW, cu parametrii aburului 130 ata şi 565/565°C, reduce costul kilowattului instalat la centrala electrică cu 29%, consumul specific de combustibil convenţional cu 12—14% şi preţul de cost al kWh cu 15—20%, iar la trecerea la agregate de 300 MW, fiecare cu parametrii aburului 240 ata şi 580/565°C, costul kilowattului instalat se reduce cu 34%, consumul specific de combustibil cu 20—22% şi costul kWh cu 25—28%.

Pentru dezvoltarea termoenergeticii noastre, prevederile acestor norme reprezintă o importanţă deosebită, deoarece folosirea lor ne poate fi de mare ajutor în realizarea sarcinii ce ne revine din directivele Congresului al III-lea al P.M.R., de a reduce cu 30% valoarea investiţiilor.

În cele ce urmează se expun unele aspecte considerate mai deosebite din actualele norme.

Alegerea amplasamentului trebuie să se facă ţinînd seama de dezvoltarea sistemului energetic, de centrul sarcinilor termice, de alimentarea cu apă, de racordul la căi ferate, de transportul combustibilului etc., cu luarea în considerare atît a investiţiilor cît şi a cheltuielilor de exploatare.

Alegerea amplasamentului centralei trebuie să se facă în strînsă legătură cu proiectul de sistematizare a zonei respective.

În caz că proiectul de sistematizare lipseşte, normele recomandă să se elaboreze un plan de sistematizare microraional.

Schemele termice corespunzător prevederilor normelor trebuie să se caracterizeze prin simplitate şi un grad ridicat de siguranţă. În acest scop, pentru centralele termoelectrice, care fac parte din sisteme energetice puternice, se recomandă folosirea schemelor-bloc cu supraîncălzire intermediară a aburului. Folosirea schemei-bloc cu două cazane pe fiecare turbogenerator, dacă există o singură supraîncălzire intermediară, se poate face numai în cazuri izolate şi cu o fundamentare corespunzătoare. Debitul şi numărul cazanelor pentru centralele fără supraîncălzire intermediară se aleg pentru centralele de condensaţie după consumul maxim de abur, cu rezervă de 8—10%, iar pentru centralele de termoficare după consumul maxim de abur, ca, în cazul ieşirii din funcţiune a unui cazan, cazanele rămase, inclusiv cele de vîrf, să asigure livrarea maximă continuă de abur la industrii şi acoperirea sarcinii termice medii de încălzire pe luna cu cea mai scăzută temperatură.

Acoperirea maximului sarcinii termice de încălzire se indică să se facă de la prizele turbinelor şi din cazane speciale de vîrf, repartizînd pe prize circa 0,5 din totalul sarcinii. Pentru cazanele de vîrf, independent de natura combustibilului folosit, se recomandă să se folosească de regulă gazul sau păcura. Cazanele de apă fierbinte pe gaze şi păcură se instalează de regulă la exterior şi se amplasează pe teritoriul CET.

Montarea deschisă a echipamentului. Practica exploatării arată posibilitatea montării în aer liber a unei părţi din echipamentul energetic, fără clădiri la suprafaţa solului. Construirea centralelor electrice de tip deschis, cu montarea agregatelor principale — cazanelor şi turbogeneratoarelor — fără ridicarea clădirii, cu acoperirea numai a unor elemente auxiliare ale instalaţiei, care necesită temperatura constantă a aerului înconjurător şi locurile de muncă ale personalului de deservire reprezintă o posibilitate de ieftinire a părţii constructive.

În baza calculelor făcute de institutul „Teploelektroproiekt" prin montajul deschis al utilajului principal se realizează o economie de investiţii de 2—2,5% şi o reducere a termenelor de construcţie cu 6—8 luni.

Normele recomandă montajul deschis al turboagregatelor şi agregatelor de cazane care funcţionează cu combustibil gazos sau lichid în regiunile cu temperatura exterioară de calcul mai ridicată de — 20°C. În acest caz, alegerea soluţiei privind posibilitatea montajului deschis al turboagregatelor şi agregatelor de cazane se va face pentru fiecare situaţie în parte, cu luarea în considerare şi a altor factori, ca, de exemplu, durata perioadei de temperatură sub 0°C, deoarece pînă în prezent nu există suficientă experienţă în montajul centralelor electrice deschise complet.

Condiţii de exploatare. Proiectele centralelor electrice noi vor lua în consideraţie necesitatea creării condiţiilor favorabile pentru exploatarea şi reparaţia utilajului.

Normele prevăd asigurarea mijloacelor de mecanizare a lucrărilor de reparaţie la centrala electrică, şi anume: mecanisme de ridicare şi transport, instalaţii de distribuire a aerului comprimat, acetilenei şi oxigenului, reţele electrice pentru executarea sudurilor, transportul echipamentului şi materialelor în interiorul secţiilor şi în interiorul centralei, precum şi mijloacele mecanizate pentru adăugarea bilelor în morile cu bile etc.

Toate centralele electrice vor fi prevăzute cu ateliere mecanice, al căror volum şi utilare se stabilesc în funcţie de centralizarea reparaţiilor — în cadrul sistemului energetic.

Sălile cazanelor cu cazane cu debit de 120 t/h şi mai mari sînt prevăzute cu poduri rulante. Pentru cazane cu debit de 420 t/h şi mai mare se prevede instalarea lifturilor pentru persoane şi greutăţi, pentru fiecare două cazane, iar pentru cazane cu un debit mai mic — pentru 3—4 cazane.

De regulă, în sala maşinilor se montează două poduri rulante, dintre care unul este de rezervă (reparaţii, revizii ale grupurilor concomitent cu operaţii de montaj).

În norme se prevăd măsuri pentru introducerea hidrazinei în conductele de alimentare cu abur şi apă, tratarea cu amoniac a apei de alimentare, prevenirea infectării condensatului etc.

Automatizarea. Normele actuale prevăd mărirea volumului automatizării în scopul măririi siguranţei şi economicităţii funcţionării centralei.

Pentru cazane, turbine şi echipamentul lor auxiliar (scheme-bloc sau centrale cu legături transversale), trebuie să se prevadă automatizarea proceselor tehnologice principale şi, parţial, a operaţiilor de pornire într-un volum care să asigure posibilitatea comenzii agregatelor de la tabloul de comandă-bloc, fără ajutorul personalului de deservire, permanent la faţa locului.

La centralele electrice cu scheme termice bloc se prevede cîte o cameră de comandă termică şi electrică comună la două blocuri, denumită cameră de control termic.

În camera de control termic se aduc comenzile generatoarelor, transformatoarelor de servicii proprii, transformatoarelor de 0,38 kV, motoarelor electrice etc. În cazul blocurilor generator-transformator cu două înfăşurări şi fără întreruptor între generator şi transformator, în camera de control termic se aduce comanda întreruptorului de pe partea de înaltă tensiune.

În cazul transformatoarelor ridicătoare cu trei înfăşurări în camera de control termic se aduce comanda întreruptorului generatorului.

Comanda liniilor, tranformatoarelor, cuplelor etc. staţiilor electrice de înaltă tensiune şi legătura cu sistemul energetic se fac de la camera de comandă centrală

electrică cumulată cu camera inginerului de serviciu al centralei şi care se găseşte de regulă amplasată în clădirea principală. Se admite cumularea camerei centrale de comandă cu camera de control termic al primelor două blocuri.

În scopul automatizării calculelor şi culegerii informaţiilor se recomandă folosirea maşinilor de calcul şi informare.

Problemele alimentării cu apă şi evacuării zgurei şi cenuşii sînt tratate pe larg în actualele norme. Trebuie să ne reţină atenţia modul în care sînt tratate problemele asigurării alimentării cu apă. Dacă pentru centralele funcţionînd în circuit deschis gradul de asigurare s-a redus de la 97%, cît era în vechile norme, la 95%, în actualele norme, la centralele cu răcire în circuit închis se cere asigurarea permanentă, indiferent de regimul hidrologic al sursei.

În capitolul care se referă la partea electrică a centralelor şi staţiilor se menţionează necesitatea alegerii schemelor în funcţie de particularităţile reţelei de alimentare şi ale locului pe care îl ocupă în sistem.

În acest scop se recomandă folosirea barelor de transfer, schemelor-bloc, sistemelor simple de bare, bobinelor de reactanţă pe grupe de plecări etc.

Pentru un număr de maximum şase transformatoare sau linii de lucru, se prevede un transformator sau o linie de rezervă; la un număr de transformatoare sau linii egal sau mai mare de 7 se prevăd două transformatoare sau linii de rezervă. În schimb, pentru schemele-bloc, la un număr de trei sau mai multe agregate se prevăd două transformatoare de rezervă pentru alimentarea serviciilor interne.

Partea de construcţie a staţiilor exterioare de 35—500 kV se prevede a se executa din beton armat prefabricat.

În scopul excluderii folosirii punerilor la pămînt mobile de siguranţă se prevede utilizarea separatoarelor cu cuţite de punere la pămînt pentru toate elementele.

În scopul efectuării mecanizate a reparaţiilor din staţiile exterioare, se recomandă asigurarea posibilităţii accesului automacaralei sau altor mijloace de mecanizare.

În cazul în care spaţiul este insuficient sau există pericolul unor depuneri agresive pentru izolaţie, se recomandă folosirea staţiilor interioare.

Pentru încăperile staţiilor de distribuţie se recomandă construcţia lor fără ferestre şi luminatoare şi fără încălzire.

Actualele norme, după aprecierile făcute pe baza unor calcule orientative, pot conduce la o reducere a investiţiilor de circa 15%. După cum rezultă din cele expuse, folosirea bogatei experienţe care s-a acumulat în U.R.S.S. în domeniul proiectării şi execuţiei de centrale termoelectrice, oglindită în aceste norme, ne poate fi de un folos real.

Adaptarea acestor norme la specificul ţării noastre şi completarea lor ar constitui un îndreptar util pentru proiectanţii de centrale termoelectrice din R.P.R.

Nilu Vasile
Candidat în ştiinţe tehnice

CRONICĂ

O consfătuire a inovatorilor

În zilele de 23—24 martie a.c. s-a ţinut în oraşul Cluj „Consfătuirea inovatorilor" din cadrul Departamentului Energiei Electrice.

În cadrul acestei consfătuiri s-au analizat rezultatele concursului de inovaţii al Ministerului Minelor şi Energiei Electrice pe anul 1961, s-a lansat concursul de inovaţii pe anul 1962, s-au generalizat inovaţiile cele mai importante din punct de vedere tehnic şi economic.

În timpul desfăşurării acestei consfătuiri s-a deschis o expoziţie de inovaţii care a înfăţişat rezultatele cele mai reprezentative ale colectivelor de inovatori din întreprinderile Departamentului Energiei Electrice.

Din analiza activităţii de inovaţii desfăşurate în 1961 în întreprinderile Departamentului Energiei Electrice au reieşit o serie de rezultate frumoase care oglindesc străduinţa colectivelor din întreprinderi pentru creşterea permanentă a mişcării de inovaţii.

Astfel comparînd rezultatele principale ale activităţii de inovaţii depuse în 1961 cu rezultatele anului 1960 se poate arăta că numărul de propuneri înregistrate în 1961 a crescut la 1 900 faţă de 1 607 în anul 1960.

De asemenea în creştere a fost numărul de inovaţii acceptate de la 985 în 1960 la 1 222 în 1961, fapt ce se datoreşte unei mai bune urmăriri a acestor probleme de către cabinetele tehnice şi în special la întreprinderile: ICT Steaua Roşie — IEC Bucureşti, ICT Borzeşti, IRE Cluj, ICT Paroşeni, IRE Crişana, IRE Braşov, ISPE, TCME şi altele.

Ca rezultat al activităţii depuse de cabinetul tehnic şi ca urmare a sprijinului concret şi permanent dat de organele sindicale a crescut simţitor numărul de muncitori inovatori de la 761 în 1960 la 900 în 1961.

O latură importantă a activităţii de inovaţii o constituie obţinerea unui efect economic cît mai mare prin aplicarea propunerilor de perfecţionări şi raţionalizări în producţie. În această direcţie s-au obţinut rezultate bune prin realizarea unor economii postcalculate de 10 014 093 lei în anul 1961 faţă de 1 812 756 lei în 1959 sau 3 292 404 lei în 1960.

La obţinerea acestor economii s-au evidenţiat întreprinderile cu cele mai bune rezultate, ca TCME, IRE Dobrogea, IRE Cluj, ICT Paroşeni, IRE Braşov şi altele.

Un alt aspect pozitiv al activităţii de inovaţii desfăşurate în 1961 îl constituie şi îmbunătăţirea activităţii de generalizare a inovaţiilor. Aceasta a făcut ca în anul 1961 un număr de 156 de inovaţii să fie aprobate pentru generalizare, ceea ce reprezintă o creştere faţă de 69 acceptate în 1960.

Lucrările consfătuirii, prin analiza tuturor aspectelor activităţii de inovaţii, prin discuţiile purtate, prin schimburile de experienţă realizate şi prin vizionarea expoziţiei de inovaţii, au acordat un sprijin direct pentru îmbunătăţirea continuă a mişcării de inovaţii la nivelul cerinţelor actuale şi al sarcinilor trasate în domeniul electrificării ţării.

ing. *Creţu Vera*

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1383

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 061.3 : 621.3 „1962"

Răduleț R.: **XXVII Совещание Генеральной Международной Электротехнической Комиссии — Бухарест, 24 Июня — 7 Июля 1962.**

Energetica *10* (1962) № 6, стр. 217–219

ДК 621.316.13 : 538.551.1

Dimo P.: **Формула потерь и „оптимизация схем и режимов", новым способом посредством применения „узлового анализа" с характерным изображением.**

Узловой анализ (ДИМО) применен к центральному узлу, к которому была сведена комплексная система. Проблема значительно упрощена использованием этого случая к радиально-эквивалентным схемам. Дается конкретный пример применения и указываются особые возможности этого нового способа в решении вопросов „оптимизации" электрических сетей, а также и оптимальном распределении активных и реактивных мощностей между централями.

Energetica, *10* (1962) № 6, стр. 219—242

ДК 621.3.016.31 : 621.311.161.00.24

Ionescu V., Leonida D.: **О вопросах оптимального распределения нагрузки в энергетических системах. II. Случай объединенных энергосистем.**

В статье рассматривается вопрос оптимально-экономичного распределения для случая объединенных энергосистем. Аналогично с предыдущей работой предлагается новый метод анализа оптимального распределения, который позволит строго решить вопрос оптимума. Затем рассматриваются единым способом классические процессы на примере случаев наиболее используемых объединений.

Energetica *10* (1962) № 6, стр. 243–257

ДК 621.3.016.31 : 681.14

S milyén A.: **Вопросы определения оптимального распределения мощностей межну централями с аналогичным калькулятором.**

В работе устанавливаются теоретические основы и принципы конструкции аналогичного калькулятора, непосредственно определяющего оптимальное распределение мощностей и общие расходы по системе в любой момент, при любой форме системы или любом числе аппаратов, находящихся в работе.

Energetica *10* (1962) № 6, стр. 258–262

РЕЦЕНЗИИ 263–264

ХРОНИКА 264

INHALTSVERZEICHNIS

DK 061.3 : 621.3 „1962"

Răduleț R.: **Die CEI — Tagung. Bukarest 24—Juni — 7 Juli 1962.**

Energetica *10* (1962) H. 6, S. 217—219

DK 621.316.13 : 538.551.1

Dimo P.: **Die Verlustformel und die Optimierung von Schaltbildern und Schaltzuständen auf neuen Wegen mittels Anwendung der Knotenpunktanalyse mit anschaulichen Darstellungen.**

Die Knotenpunktanalyse (DIMO) wird bei einem, zu einem zentralen Knotenpunkt reduzierten komplexen Netz angewendet. Die Fragestellung ist mittels aequivalenter Sternschlatbilder stark vereinfacht.

Auf Grund eines konkreten Anwendungsbeispiels werden die besonderen Aussichten dieses neuen Verfahrens für das Durchdenken von Optimierungsfragen bei Netzen sowie für die optimale Verteilung der Wirk-und Blindleistung unter den einzelnen EVU nachgewiesen.

Energetica *10* (1962) H. 6, S. 219–242

DK 621.3.016.31 : 621.311.161.00.24

Ionescu V., Leonida D.: **Betrachtungen über Fragen der optimalen Verteilung der Belastung in den energetischen Systemen.**

II. Der Fall der zusammengeschlossenen energetischen Systeme

Im Aufsatz wird die Frage der optimalen und wirtschaftlichen Verteilung innerhalb der zusammengeschlossenen energetischen Systeme behandelt. Wie auch im vorangegangenen Aufsatz wird ein neues Analyseverfahren der optimalen Verteilung vorgeschlagen. Sodann werden in einheitlicher Weise die gebräuchlichen Verfahren behandelt und mit meist anzutreffenden Fällen von Zusammenschlüssen veranschaulicht.

Energetica *10* (1962) H. 6, S. 243–257

DK 621.3.016.31 : 681.14

Semlyén A.: **Fragen über die Bestimmung der optimalen Verteilung der Leistung zwischen den Kraftwerken mit Hilfe eines Analogrechners.**

Im Aufsatz werden die theoretischen Grundlagen und die Bauprinzipien eines Analogrechners beschrieben, die unmittelbar die optimale Verteilung der Leistung und der gesamtausgaben des Systems, in jedem Augenblick bei jedem Netzbild oder im Betrieb befindlichen Apparate bestimmt.

Energetica *10* (1962) H. 6, S. 258–262

BUCHBESPRECHUNGEN 263–264

CHRONIK 264

SOMMAIRE

CD 061.3 : 621.3 „1962"

Rădulef R. : **La XXVII-ème Réunion Générale de la Comission Électrotechnique Internationales. Bucarest 24 juin — 7 juillet 1962.**

Energetica *10* (1962) nr. 6, p. 217—219

CD 621.316.13 : 538.551.1

Dimo P. : **Nouvelles perspectives pour la formule des pertes et des „optimisations de schémas et régimes", grâce à l'application de l'analyse nodale aux images représentatives.**

L'analyse nodale (DIMO) s'applique au noeud central où l'on réduit un système complexe. Le problème devient extrêmement simple grâce au raisonnement par schémas équivalents radiaux.

On donne un exemple concret „d'application et l'on fait voir les possibilités remarquables de cette nouvelle voie dans le raisonnement des problèmes d'optimisation" du réseau électrique et de la répartition optimum des puissances actives et réactives entre les centrales.

Energetica *10* (1962) nr. 6, p. 219—242

CD 621.3.016.31 : 621.311.161.00.24

Ionescu V., Leonida D. : **Considérations sur les problèmes de répartition optimum de la charge dans les systèmes énergétiques.**

II. Le cas des systèmes énergétiques interconnexés.

Dans cet article on traite du problème de la répartition économique optimum dans le cas des systèmes énergétiques interconnexés. De même que dans le travail précédent, on propose une nouvelle méthode d'analyse de la répartition optimum permettant la résolution rigoureuse du problème d'optimum. On traite ensuite des procédés classiques avec des exemples pour les cas les plus usuels d'interconnexion.

Energetica *10* (1962) nr. 6, p. 243—257

CD 621.3.016.31 : 681.14

Semlyén A. : **Problèmes concernant la détermination de la répartition optimum des puissances entre centrales à l'aide d'une calculatrice analogique.**

Dans le présent article on établit les bases théoriques et les principes de construction d'une calculatrice analogique qui détermine directement la répartition optimum des puissances et du montant des frais par système à tout moment et quels que soient la configuration de réseau et le nombre d'appareils en service.

Energetica *10* (1962) nr. 6, p. 258—262

COMPTES-RENDUS 263—264

CHRONIQUES 264

CONTENTS

DC 061.3 : 621.3 „1962"

Rădulef R. : **The XXVIIth General Meeting of the International Electrotechnical Commision. Bucharest, June 24—July 7, 1962.**

Energetica, *10* (1962) nr. 6, p. 217—219

DC 621.316.13 : 538.551.1

Dimo P. : **The formula of losses and the „optimizing of schemes and regimens" on a new path as a result of the application of the „nodal analysis" with representative images.**

The nodal analysis (DIMO) is applied to the central node to which a complex system has been reduced. The problem is reduced to a great simplicity by reasoning the case on equivalent radial schemes. A practical application example is given pointing out the outstanding possibilities of this new way of reasoning the problems relating to the „optimizing" of the electric network and to the optimum distribution of active and reactive powers between stations.

Energetica *10* (1962) nr. 6, p. 219—242

DC 621.3.016.31 : 621.311.161.00.24

Ionescu V., Leonida D.: **Some considerations concerning the problems connected with the optimum distribution of load in power systems.**

II. The case of interconnected power systems.

This paper discusses the optimum economical distribution in the case of interconnected power systems. Analogically to the previous work a new method is suggested for analysing the optimum distribution allowing the rigorous solution of optimum problems.

The classic techniques are then discussed and exemplified by means of the most usual interconnexion cases.

Energetica *10* (1962) nr. 6, p. 242—257

DC 621.3.016.31 : 681.14

Semlyén A. : **Problems concerning the determination of the optimum distribution of powers between stations by means of analog computers.**

The theoretical bases and constructive principles are given of an analog computer used for direct determinations of the optimum power distribution and total expenses per system, at any moment and configuration of the network or number of apparatus working.

Energetica, *10* (1962) nr 6, p. 258—262

REVIEWS 263—264

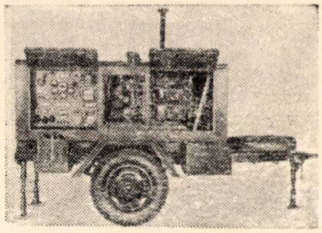
CHRONICLE 264

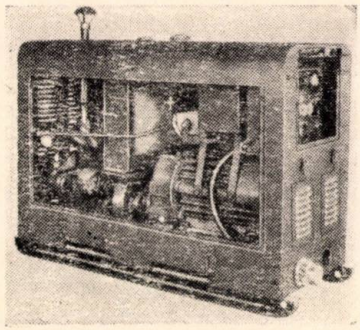
MŰSZAKI KÖNYVTÁR · ORSZÁGOS · 1883

Surse de alimentare în regiuni rurale izolate

Grupuri electrogene cu motor Diesel pentru alimentarea cu energie electrică a micilor localităţi, ferme, mori, gatere sau ca surse de alimentare de rezervă în spitale, în uzine etc.

250 kVA	**400/231 V**
125 kVA	**400/231 V**
20 kVA	**400/230 V**
4 kVA trifazate	**400/230 V sau 230/133 V**
2,5 kVA monofazate	
50 Hz	





Exportator exclusiv:

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ PENTRU COMERŢUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTROTEHNIC

»Elektrim«

WARSZAWA 2, Czackiego 15/17, R. P. POLONĂ
Adresa telegrafică: Elektrim – Warszawa
Telefon: 6-62-71 • Telex.: 10415
Căsuţa poştală 254

Vizitaţi pavilionul nostru nr. 11 la cel de al XXXI-lea Tîrg Internaţional de la Poznan 10 — 24 iunie 1962

MUNCITORI TEHNICIENI INGINERI —

Editura tehnică publică cărţi tehnice în următoarele domenii ale tehnicii şi ştiinţelor aplicate: metalurgie, construcţii de maşini şi utilaje, energetică, electrotehnică, automatică, electronică industrială, radio, televiziune, telecomunicaţii cu fir, chimie, industrie chimică, geologie, mine, petrol şi gaze, construcţii, materiale de construcţii, instalaţii, industria lemnului, industrie uşoară, industrie alimentară, transporturi, matematică, fizică, dicţionare-lexicoane, arhitectură.

Cărţile apărute în Editura tehnică se pot procura:

• DIN LIBRĂRIILE DE LA ORAŞE ŞI SATE;
• PRIN MAGAZINELE COOPERAŢIEI DE CONSUM;
• PRIN DIFUZORII DE CĂRŢI DIN ÎNTREPRINDERI ŞI INSTITUŢII;
• PRIN DIFUZORII DE CĂRŢI DIN COMUNE ŞI SATE.

PENTRU A CONTRIBUI LA ÎMBUNĂTĂŢIREA ACTIVITĂŢII EDITORIALE CU PRIVIRE LA LITERATURA TEHNICĂ, TRIMITEŢI OBSERVAŢIILE ŞI PROPUNERILE DVS. LA:

EDITURA TEHNICA

Str. ŞTIRBEI VODĂ Nr. 37
RAIONUL „16 FEBRUARIE"
BUCUREŞTI

E 2039

R

REFERATIVĂ

ENERGETICA

7

Energetica — Vol. 10 — iulie nr. 7/1962 — p. 265-312 — București

1962

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-ştiinţifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. **Lucrările** ce pot fi prezentate spre publicare sînt :

1.1.1. *de importanţă generală* (principii noi, dispoziţii noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite ale unor fenomene fizice şi procese tehnice cu caracter general) ;

1.1.2. *tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale,* avînd contribuţii originale, dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilităţii unor dispoziţii, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ;

1.1.3. *tehnice obişnuite* (expunerea studiului unor probleme tehnico-ştiinţifice, discuţii şi critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1 2. **Legătura cu practica** muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie trebuie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să cuprindă propuneri de viitor.

1.3. **Verificarea experimentală** se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. **Lucrările** care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. **Organizarea lucrării**

2.1.1. *Titlul* va reprezenta, în minimum de cuvinte, obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărţirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor şi înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul.* În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obţinute, cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstraţii originale sau absolut necesare înţelegerii formulelor din text ; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* Afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt în general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrşitul lucrării. Referirea se va face indicîndu-se poziţia lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. **Prezentarea lucrării**

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stilul.* Redactarea va fi clară şi concisă. Ortografia va fi în concordanţă cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepţia celor unanim cunoscute.

(Continuare pe coperta a III-a)

E 2039

ENERGETICA

ANUL 10 Nr. 7 IULIE 1962

Număr consacrat sesiunii tehnico-științifice din 15–16 februarie 1962 a Institutului de studii și proiectări energetice.

CUPRINS

CZ. 621.316.262.001.1

Voinea D. și *Stoleru B.* : **Unele aspecte în legătură cu tipizarea stațiilor de transformare în R.P.R.**

În ultimii ani s-a desfășurat în ISPE o activitate susținută în domeniul uniformizării soluțiilor electrice și constructive pentru stațiile de transformare cu tensiunea cea mai înaltă 35 kV și 110 kV. În articol se analizează rezultatele obținute pînă în prezent și perspectivele de dezvoltare ale acestei acțiuni în viitor.

Energetica, *10* (1962) nr. 7, p. 265

CZ 621. 316. 925

Moraite G. și *Gheorghiu M.* : **Considerații asupra acționării protecției de distanță la „false defecte" datorită fenomenului de pendulare a rotoarelor generatoarelor.**

În articol se prezintă concluziile obținute din analiza teoretică a funcționării protecției de distanță în cazul avariilor provocate de șocuri de putere activă care conduc la pendulări importante ale rotoarelor generatoarelor sincrone din apropierea defectului. Se arată că procedeul analizei nodale (Dimo) oferă importante avantaje față de alte procedee de studiu menționate în literatura de specialitate.

Energetica, *10* (1962) nr. 7, p. 276

CZ 621.313.325 :621.311.1.003

Costin E. și *Grigoriu G.* : **Determinarea eficacității economice a instalării surselor de putere reactivă în sistemele energetice.**

Se analizează metodele cunoscute de apreciere a eficacității instalării puterii reactive, printre care și instrucțiunile în vigoare care tratează această problemă.

Se prezintă o metodică privind determinarea eficacității economice a completării puterii reactive în sistemele energetice. Metodica propusă se bazează pe principiile moderne de apreciere a eficacității economice a investițiilor în industria socialistă.

Energetica, *10* (1962) nr. 7, p. 280

CZ 621. 311.22 : 621.34 : 621.65/68

Trifu C. **Acționarea pompelor de alimentare în centralele electrice de mare putere.**

În articol se arată soluțiile cele mai bune utilizate în centralele din străinătate (mai ales U.R.S.S. și S.U.A.) și se dau de asemenea calculele pentru determinarea soluției celei mai economice de acționare a pompelor de alimentare.

Din compararea diverselor soluții de acționare a pompelor de alimentare rezultă ca cea mai bună soluția acționării pompelor de alimentare cu turbine cu abur, care este tratată pe larg.

Energetică, *10* (1962) nr. 7, p. 289

CZ 621.181

Rențea D. și *Goldemberg C.* : **Unele aspecte ale măririi eficienței economice în termoenergetică.**

Se dezvoltă aspectele energetice ale unor probleme care s-au conturat în ultimul timp în R.P.R. :

— folosirea cazanelor de debite mici cu performanțe superioare ; realizarea în țară a agregatelor de termoficare de puteri unitare mici și parametri ridicați ai aburului ;

— recuperarea sub formă de abur de parametri medii a deșeurilor de căldură din gazele de ardere și arderea deșeurilor lemnoase împreună cu alți combustibili în cazane de parametri medii.

Energetica, *10* (1962) nr. 7, p. 297

CZ 621.311.21 :621.398

Ioniță Gh. și *Neniță E.* : **Automatizarea centralelor hidroelectrice în RP.R. Realizării și perspective.**

Lucrarea expune realizările în proiectarea părții de automatizare a centralelor hidroelectrice construite sau în construcție în țara noastră pînă în prezent, făcîndu-se unele aprecieri critice asupra greutăților ce au apărut în abordarea acestui nou domeniu de activitate.

Energetica, *10* (1962) nr. 7, p. 302

CRONICĂ, p. 310

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

ENERGETICA

ANUL 10
1962
Nr. 7
IULIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Unele aspecte în legătură cu tipizarea staţiilor de transformare în R.P.R.

*DINU VOINEA şi BORIS STOLERU** — Bucureşti

Dezvoltarea energeticii R.P.R. corespunzător ritmului înalt de creştere a întregii economii naţionale, a pus în faţa ISPE o serie de probleme din ce în ce mai numeroase şi mai dificil de rezolvat.

Pe măsura maturizării concepţiilor de proiectare, a devenit posibilă o sistematizare a soluţiilor lucrărilor energetice, eforturile fiind din ce în ce mai mult orientate în direcţia extinderii acţiunii de tipizare.

La originea preocupărilor pentru tipizarea staţiilor de transformare au stat la început numai necesităţi de proiectare. Dezvoltarea sectorului de proiectare nu a putut fi niciodată direct proporţională cu sarcinile mereu crescînde ce-i reveneau şi nici nu era normal să fie aşa, întrucît sporirea capacităţii de proiectare trebuia să rezulte nu numai din amplificarea numerică a forţelor de muncă, ci şi din creşterea substanţială a productivităţii acestora.

Prima încercare de uniformizare a soluţiilor pentru staţiile de transformare datează din anul 1956. Succesul ei a fost numai parţial datorită în special următoarelor cauze :

a) Schemele şi dispoziţiile constructive s-au elaborat corespunzător unui echipament de provenienţă eterogenă, în majoritate importat din diverse ţări, întrucît la acea dată industria electrotehnică proprie nu asimilase fabricaţia decît pentru un număr redus de aparate şi dispozitive. Dificultăţile inerente de procurare a unor aceloraşi tipuri de echipamente creau mari dificultăţi în introducerea unei soluţii uniformizate.

b) O parte din soluţiile propuse pentru tipizare erau insuficient experimentate, ceea ce a avut drept urmare numeroase modificări introduse pe parcursul execuţiei.

c) S-a trecut de la început la tipizarea întregului obiect.

Dacă se analizează numărul variantelor de staţii de transformare cu 2, 3 şi 4 tensiuni care apar numai în funcţie de scheme, luînd în considerare cîteva tipuri uzuale de conexiuni (bare colectoare simple şi duble la toate tensiunile, bare de transfer — numai la 110 kV —, linii cu şi fără bobine de reactanţă la 6 kV) rezultă peste 100 de variante. Acest număr creşte foarte mult dacă se ţine seama de cazurile în care este necesar de exemplu să se secţioneze barele colectoare sau să se echipeze un număr variabil de linii, fără a mai vorbi de variantele care pot apărea din condiţii constructive.

În prima parte a anului 1959 acţiunea de unificare a proiectelor pentru staţii de transformare a fost reluată în condiţii esenţial diferite de cele din 1956 şi anume :

a) Se asimilase fabricarea în ţară a majorităţii echipamentelor folosite în staţii. Deşi ele nu erau la nivelul tehnicii celei mai avansate, din punctul de vedere al tipizării prezentau certitudinea procurării unei aceleiaşi garnituri de aparate la un mare număr de lucrări. Unele aparate care trebuiau încă importate nu influenţau decît într-o măsură mult mai redusă soluţiile adoptate;

b) Se cîştigase o experienţă foarte utilă în legătură cu problemele de tipizare nu numai sub aspectul proiectării, ci şi al execuţiei, pentru că în perioada 1956—1958 se realizase deja o serie de instalaţii de 110 kV şi 35 kV pe bază de proiecte refolosibile.

c) Ritmul de dezvoltare a reţelelor electrice de înaltă tensiune crescuse considerabil. Osatura sistemului energetic naţional unic era practic realizată, respectiv fuseseră create, în afară de centrale puternice, artere importante şi staţii nodale. În acelaşi timp un număr mare de centre de consum urbane şi industriale tre-

* D. Voinea este inginer specialist, iar ing. B. Stoleru este şeful atelierului de tipizare din ISPE

buiau să fie racordate la sistemul energetic național prin instalații relativ mult mai simple. Acestea ofereau condiții optime pentru tipizare.

*

Ideile directoare ale acțiunii de tipizare începută în 1959 au fost următoarele :

a) La stațiile cu tensiunea cea mai înaltă 110 kV, cu conexiuni la 3 și chiar 4 tensiuni, unificarea să se limiteze la elemente și subansambluri, iar la stațiile cu tensiunea cea mai înaltă 35 kV, cu conexiuni la 2 — 3 tensiuni, unificarea să fie dusă pînă la capăt, tipizînd întreaga instalație. În felul acesta, după cum se va arăta mai departe, au putut fi rezolvate, cu un număr relativ mic de proiecte, o mare varietate de situații posibile.

b) Adoptarea unor soluții elastice care să permită atît o etapizare rațională a investițiilor, cît și extinderea comodă a instalațiilor pînă la un profil destul de complex (de ex. trecerea de la scheme cu bare colectoare simple, fie la bare colectoare simple secționate, fie la bare simple și bare de transfer, fie uneori chiar la bare duble). Bineînțeles „elasticitatea" trebuia să fie obținută cu investiții suplimentare minime în prima etapă.

c) Adoptarea unor soluții la un nivel tehnic cît mai ridicat, însă în limitele permise de performanțele echipamentului fabricat în țară și de posibilitățile executantului. Aceste „limite" nu au fost considerate static, ci s-a căutat să se țină seama pe cît posibil și de procesul normal de perfecționare a produselor și metodelor de lucru.

d) Sub aspectul economicității avantajele soluțiilor propuse trebuiau să fie nu numai o consecință a standardizării (reducerea tipurilor, respectiv : mărirea seriei de produse și industrializarea execuției cu toate avantajele ce decurg de aci) dar, în același timp, un rezultat al valorificării tuturor posibilităților de ieftinire. Era de aceea necesar să se reconsidere anumite soluții ca de exemplu : oportunitatea instalațiilor pentru decuvarea transformatoarelor, a instalațiilor pentru colectarea uleiului la transformatoare, a racordului de cale ferată, a centralizării comenzii pentru toate aparatele de conectare ; să se coreleze numărul sistemelor de bare colectoare la toate tensiunile cu numărul circuitelor primare conectate la ele, să se amelioreze : tipul constructiv al celulelor de 6—10—15 kV, tipul cadrelor și suporților pentru aparate din stațiile exterioare, tipul canalelor de cabluri, împrejmuirile ; să se raționalizeze iluminatul de siguranță, instalațiile telefonice etc.

*

Actualul proiect — tip pentru stații de transformare cu tensiunea cea mai înaltă 110 kV și respectiv 35 kV prezintă următoarele caracteristici principale :

I. Schemele circuitelor primare

1. Tipizarea conexiunilor circuitelor primare s-a tratat separat pentru fiecare tensiune în parte, stabilindu-se în total 10 tipuri de conexiuni pentru tensiunile standardizate în R.P.R. pînă la 110 kV inclusiv ; s-au fixat astfel (fig. 1) :

4 tipuri de conexiuni la 110 kV
3 tipuri de conexiuni la 35 kV
3 tipuri de conexiuni la 6—15 kV

Combinînd aceste tipuri de conexiuni cîte 2, 3 sau 4 se poate obține o mare varietate de scheme de stații. În mod special s-au avut în vedere următoarele scheme de stații mai uzuale :

— Stații cu două tensiuni : 110/6 kV, 35/6 kV.
— Stații cu trei tensiuni : 110/35/6 kV, 110/35/15 kV, 110/15/6 kV, 35/15/6 kV.
— Stații cu patru tensiuni : 110/35/15/6 kV.

2. Pentru fiecare tip de conexiune s-a limitat numărul variantelor de echipare astfel :

— numărul transformatoarelor este întotdeauna 2 cu excepția unui singur tip de conexiune de 6 kV, respectiv 15 kV la care s-a prevăzut un singur transformator. (Această conexiune corespunde unei distribuții foarte restrînse la cea de-a patra tensiune, în stațiile cu 4 tensiuni) ;

— în ceea ce privește circuitele de linie : la tensiunile mai înalte (110 kV și 35 kV) variantele diferă printr-un număr redus de linii (1 — 2) în timp ce la tensiunile de distribuție (15 kV și 6 kV) s-au stabilit trepte mai mari (2 — 4 linii). La 110 kV s-a introdus și o variantă de echipare în care lipsesc întrerupătorul și transformatoarele de intensitate.

Limitarea numărului variantelor de echipare a ușurat tipizarea documentațiilor economice.

3. La toate tensiunile s-au adoptat scheme de conexiune cu bare colectoare (simple, duble, cu sau fără bară de transfer). Schemele cu bare colectoare au fost preferate pentru că oferă nu numai posibilități multiple de adaptare la diverse regimuri de funcționare, dar asigură în același timp și condiții avantajoase pentru dezvoltarea instalațiilor.

În mod particular instalațiilor cu un singur sistem de bare colectoare, instalații simple, sigure și ieftine, li s-a atribuit o sferă de utilizare suficient de largă pentru a acoperi majoritatea cazurilor întîlnite în practica rețelelor din R.P.R. (Schemele cu bare colectoare simple permit racordarea pînă la 3 linii la 110 kV, pînă la 4—5 linii la 35 kV și pînă la 10 — 12 linii la 6 — 15 kV).

4. Toate circuitele liniilor, transformatoarelor, cuplelor transversale sînt conectate la bare prin separatoare și întreruptoare (unul

singur pe circuit). Pentru secționarea barelor colectoare s-au folosit în cazuri mai simple numai separatoare ,iar în rest separatoare și întreruptoare. În circuitele transformatoarelor pentru servicii proprii și pentru măsura tensiunii s-au introdus numai separatoare și siguranțe sau chiar numai separatoare (măsura tensiunii la 110 kV).

Aparatajul pentru protecția împotriva supratensiunilor atmosferice (descărcătoare cu rezistență variabilă) s-a prevăzut numai la barele colectoare și uneori și în circuitele transformatoarelor.

5. Pentru limitarea curenților de scurtcircuit s-au prevăzut următoarele posibilități:

— secționarea barelor la tensiunile 6—15 și 35 kV;
— montarea de reactoare pe grup de linii la 6 kV;
— montarea de reactoare individuale pe linii la 6 kV.

II. Instalațiile de înaltă tensiune de tip exterior

La instalațiile de înaltă tensiune de 110 kV și 35 kV s-a menținut construcția în aer liber, de tip semiînalt, cu trei planuri de tensiune.

1. Pentru fiecare tip de schemă de conexiuni, corespunzătoare unei anumite tensiuni, s-a conceput cîte o soluție constructivă denumită subansamblu (fig. 2). Prin combinarea subansamblurilor se obține planul general al stației (fig. 3).

Fiecare subansamblu s-a proiectat în mai multe variante pentru a permite realizarea tuturor combinațiilor necesare.

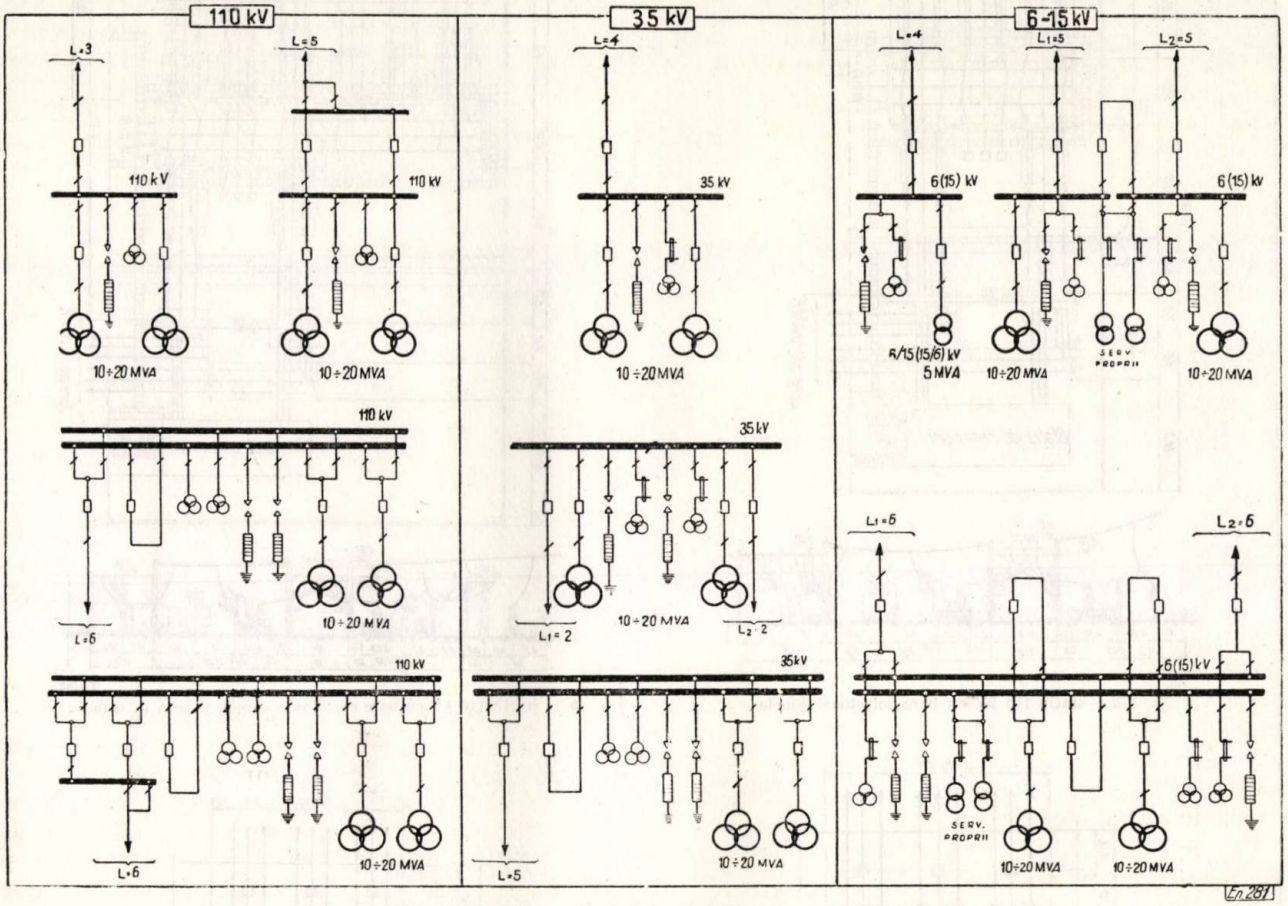


Fig. 1. Scheme electrice principiale pentru conexiunile primare.

S-au avut în vedere următoarele cazuri:

— stațiile exterioare (110 kV și 35 kV) sînt alăturate, respectiv liniile care ies din ambele stații au aceeași direcție și sens;

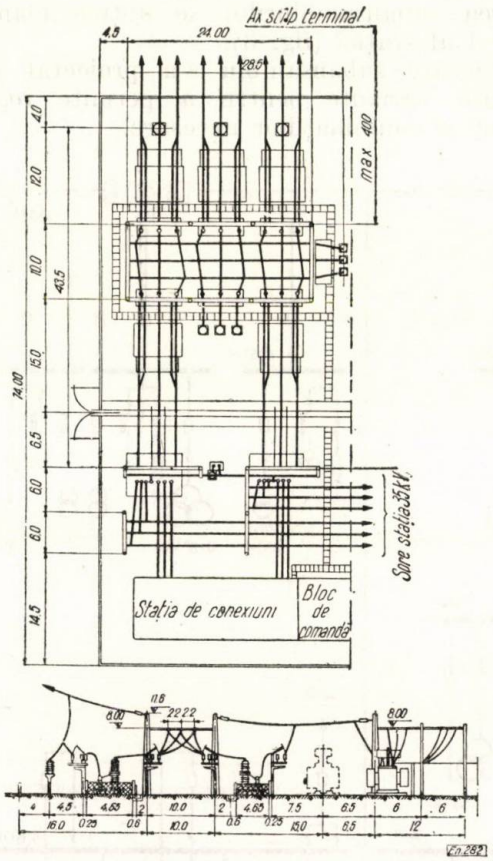
— stațiile exterioare (110 kV și 35 kV) sînt dispuse față în față, respectiv liniile de 110 kV și 35 kV au aceeași direcție, însă sensuri opuse.

Aceste două cazuri satisfac marea majoritate a situațiilor ce apar în practică.

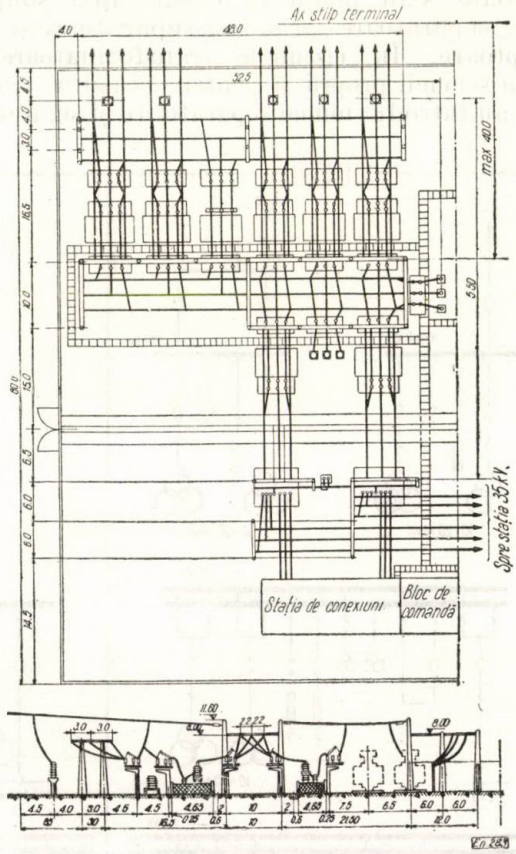
S-a urmărit utilizarea pe scară largă a elementelor prefabricate de beton armat; astfel cadrele pentru susținerea căilor de curent, suporții pentru susținerea aparatelor, stîlpii pentru paratrăsnete sînt din elemente prefabricate de beton armat centrifugat.

Beton monolit se toarnă numai la fundații (cadre, suporții de aparate, întrerupătoare și transformatoare).

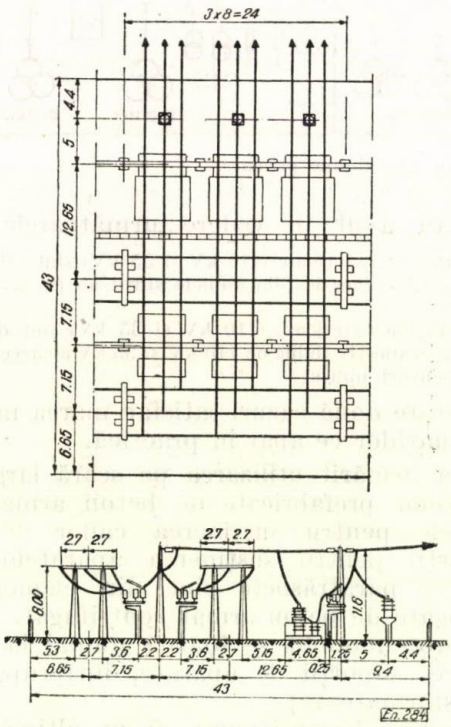
Pentru dimensionarea și în ultimă analiză pentru tipizarea elementelor prefabricate de beton armat centrifugat necesare cadrelor din stațiile exterioare, s-a pornit de la dispozițiile



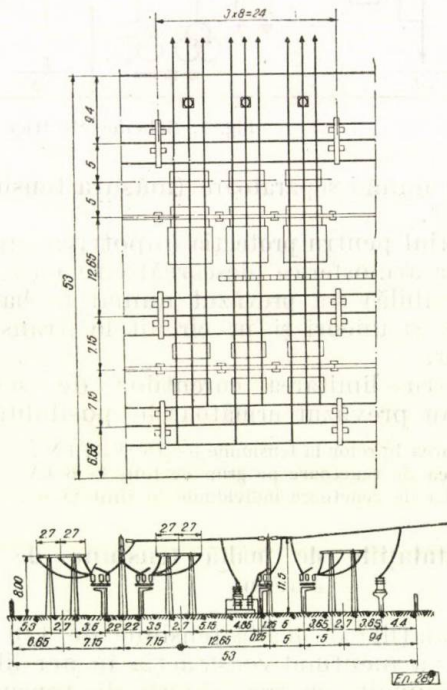
a – stație 110 kV cu bare colectoare simple



b – stație 110 kV cu bare colectoare simple și bară de transfer

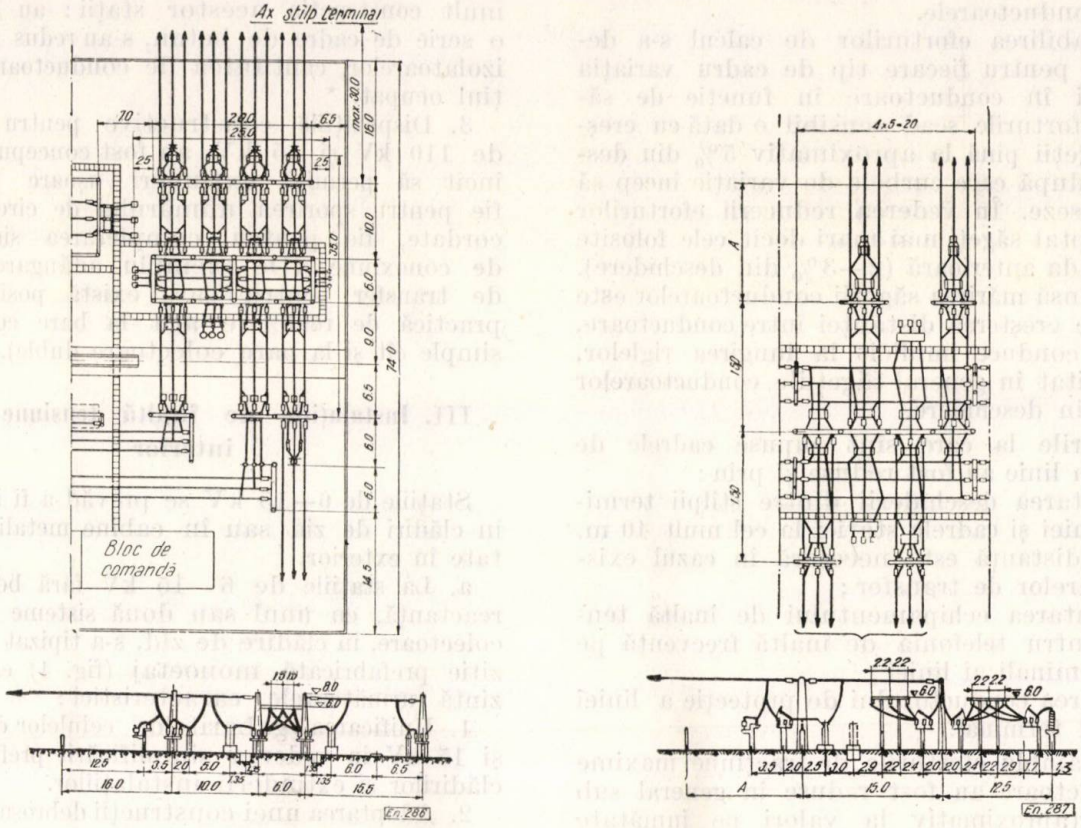


c – stație 110 kV cu bare colectoare duble



d – stație 110 kV cu bare colectoare duble și bară de transfer

Fig. 2. Subansamble pentru stațiile de 35 și 110 kV.



e – stație 35 kV cu bare colectoare simple

f – stație 35 kV cu bare colectoare duble

Fig. 2. Subansamble pentru stațiile de 35 și 110 kV

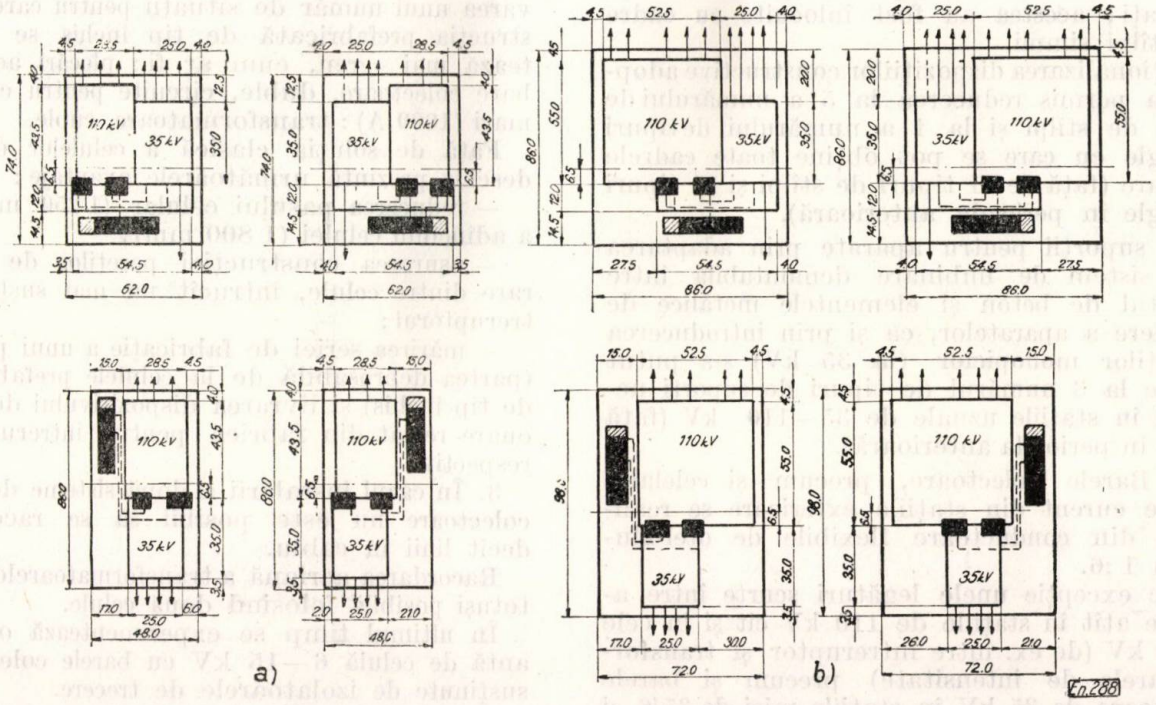


Fig. 3. Dispoziții generale pentru stații 110/35/6(15) kV

Varianta de asamblare: *a* – scheme cu bare colectoare simple la 110 kV și 35 kV; *b* – scheme cu bare colectoare simple și bară de transfer la 110 kV și bare colectoare simple la 35 kV.

constructive uniformizate, care fixează gabaritele cadrelor şi intervalele între care trebuie întinse conductoarele.

La stabilirea eforturilor de calcul s-a determinat pentru fiecare tip de cadru variaţia tracţiunii în conductoare în funcţie de săgeată. Eforturile scad sensibil o dată cu creşterea săgeţii pînă la aproximativ 5% din deschidere, după care curbele de variaţie încep să se aplatiseze. În vederea reducerii eforturilor s-au adoptat săgeţi mai mari decît cele folosite în perioada anterioară (2—3% din deschidere). Întrucît însă mărirea săgeţii conductoarelor este legată de creşterea distanţei între conductoare, ceea ce conduce implicit la lungirea riglelor, s-au limitat în general săgeţiile conductoarelor la 5% din deschidere.

Eforturile la care sînt supuse cadrele de plecare în linie au fost reduse şi prin :

— limitarea deschiderii dintre stîlpii terminali ai liniei şi cadrele staţiei la cel mult 40 m. Această distanţă este necesară în cazul existenţei barelor de transfer ;

— montarea echipamentului de înaltă tensiune pentru telefonia de înaltă frecvenţă pe stîlpii terminali ai liniei ;

— oprirea conductorului de protecţie a liniei la stîlpul terminal.

În ansamblu eforturile de tracţiune maxime în conductoare au fost reduse în general sub 400 kg (aproximativ la valori pe jumătate faţă de cele în uz în perioada anterioară).

Prin aceasta s-a putut renunţa la cadrele de beton armat centrifugat compuse din stîlpi jumelaţi ; acestea au fost înlocuite cu cadre din stîlpi simpli.

Raţionalizarea dispoziţiilor constructive adoptate a permis reducerea la 5 a numărului de tipuri de stîlpi şi la 4 a numărului de tipuri de rigle cu care se pot obţine toate cadrele necesare (faţă de 11 tipuri de stîlpi şi 11 tipuri de rigle în perioada anterioară).

La suporţii pentru aparate prin adaptarea unui sistem de îmbinare demontabilă între suportul de beton şi elementele metalice de susţinere a aparatelor, ca şi prin introducerea suporţilor monopicior (la 35 kV) s-a putut reduce la 3 numărul de tipuri de suporţi necesari în staţiile uzuale de 35—110 kV (faţă de 10 în perioada anterioară).

2. Barele colectoare, precum şi celelalte căi de curent din staţiile exterioare se realizează din conductoare flexibile de oţel-aluminiu 1 :6.

Fac excepţie unele legături scurte între aparate atît în staţiile de 110 kV cît şi în cele de 35 kV (de ex. între întreruptor şi transformatoarele de intensitate) precum şi barele colectoare de 35 kV în staţiile mici de 35/6 şi 35/15/6 kV. Utilizarea barelor colectoare rigide din ţeavă de aluminiu dispuse după muchiile unei prisme triunghiulare şi susţinute prin intermediul barelor de derivaţie direct de izolatoarele separatoarelor de bare a simplificat mult construcţia acestor staţii : au dispărut o serie de cadre de beton, s-au redus numărul izolatoarelor, cantitatea de conductoare şi spaţiul ocupat. *

3. Dispoziţiile constructive pentru staţiile de 110 kV şi 35 kV au fost concepute astfel încît să permită extinderi uşoare necesare fie pentru sporirea numărului de circuite racordate, fie pentru completarea sistemului de conexiune. (De exemplu adăugarea barei de transfer pentru care există posibilitatea practică de realizare atît la bare colectoare simple cît şi la bare colectoare duble).

III. Instalaţiile de înaltă tensiune de tip interior

Staţiile de 6—15 kV se prevăd a fi instalate în clădiri de zid sau în cabine metalice montate în exterior.

a. La staţiile de 6—15 kV fără bobine de reactanţă, cu unul sau două sisteme de bare colectoare, în clădire de zid, s-a tipizat o dispoziţie prefabricată monoetaj (fig. 4) care prezintă următoarele caracteristici :

1. Unificarea gabaritelor celulelor de 6, 10 şi 15 kV în vederea simplificării prefabricării clădirilor şi extinderii instalaţiilor.

2. Adoptarea unei construcţii debroşabile care foloseşte partea mobilă (căruciorul cu întreruptor) de la celulele prefabricate de tip închis pentru interior. Soluţia aleasă permite rezolvarea unui număr de situaţii pentru care construcţia prefabricată de tip închis se adaptează mai greu, cum ar fi : plecări aeriene, bare colectoare, duble, circuite pentru curenţi mari (1000 A) : transformatoare, cuple.

Faţă de soluţia clasică a celulelor de tip deschis prezintă următoarele avantaje :

— reducerea pasului celular (1 250 mm) şi a adîncimii celulei (1 800 mm) ;

— uşurarea construcţiei pereţilor de separare dintre celule, întrucît nu mai susţin întreruptorul ;

— mărirea seriei de fabricaţie a unui produs (partea debroşabilă de la celulele prefabricate de tip închis) şi livrarea dispozitivului de acţionare reglat din fabrică pentru întreruptorul respectiv.

3. În cazul instalării a două sisteme de bare colectoare nu este posibil să se racordeze decît linii în cablu.

Racordarea aeriană a transformatoarelor este totuşi posibilă folosind două celule.

În ultimul timp se experimentează o variantă de celulă 6—15 kV cu barele colectoare susţinute de izolatoarele de trecere.

b) Folosirea cabinelor metalice montate în exterior este limitată la staţiile de 6—15 kV

* Energetica nr. 6, 1961.

cu bare colectoare simple, fără bobine de reactanță, cu un număr redus de circuite, în instalații fără personal permanent de exploatare.

cu definirea acestui grad de comoditate necesar a fi asigurat în exploatare pentru diversele tipuri de instalații, stabilind de exemplu: ce aparate urmează a fi comandate de la dis-

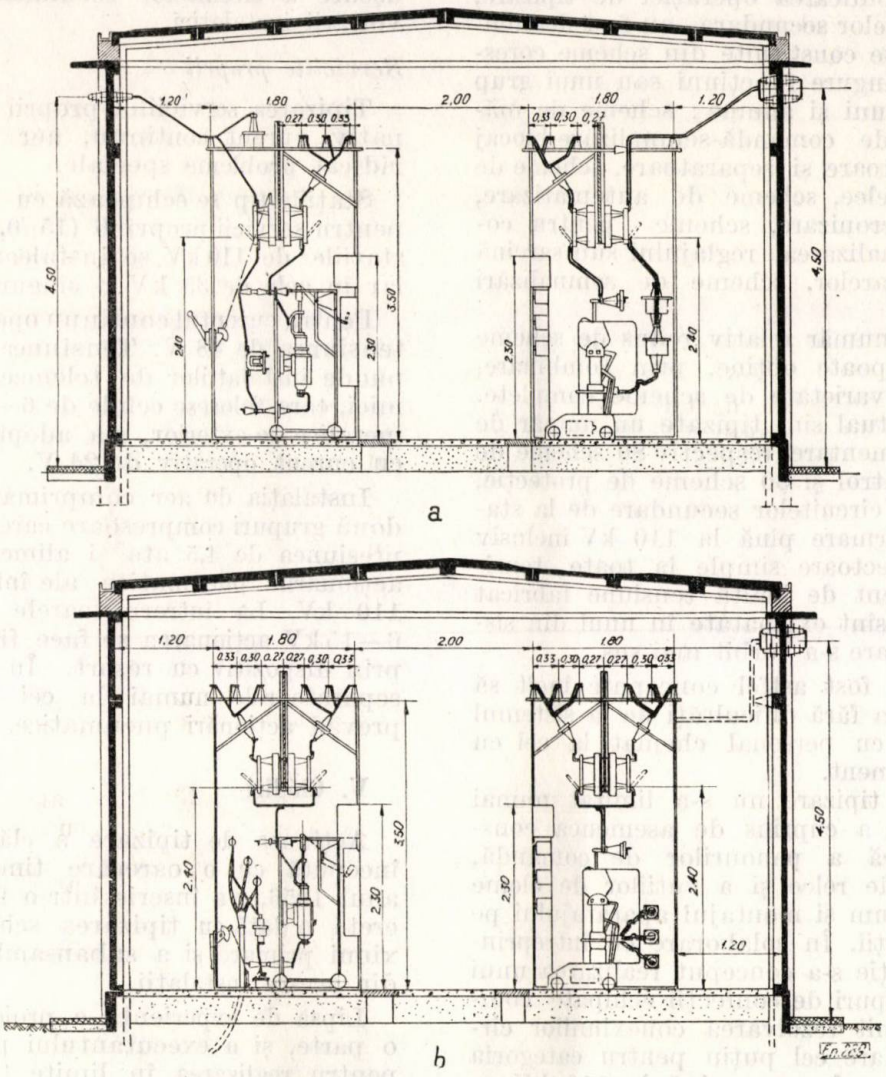


Fig. 4. Secțiuni prin stații interioare de 6 (15) kV:
a — stație cu bare colectoare simple; *b* — stație cu bare colectoare duble

Pentru comoditatea exploatării, aceste cabine sînt prevăzute cu coridor de manevră și supraveghere.

IV. Circuite secundare

Deosebit de dificilă a fost operația de uniformizare a circuitelor secundare de la stații, întrucît la o aceeași schemă primară instalațiile de comandă, protecție, automatizare, control pot fi rezolvate printr-o mare varietate de soluții. Aceste soluții diferă mai puțin din punctul de vedere al performanțelor tehnice propriuzise și mai mult din punctul de vedere al gradului de comoditate pe care-l oferă în exploatare. De aceea a trebuit să se înceapă tocmai

tanță, ce semnalizări și măsuri de mărimi variabile trebuie centralizate la un punct de supraveghere, unde trebuie amplasat aparatajul de protecție etc.

S-au considerat două sisteme de exploatare:

a) cu personal permanent, cînd este necesar un grad mai ridicat de centralizare a comenzilor și semnalizărilor;

b) cu personal chemat în caz de nevoie (de la domiciliu, de la un punct de supraveghere sau de la o altă stație) cînd gradul de centralizare a comenzilor și semnalizărilor este foarte redus.

Întrucît o parte din aparatele cu care se echipează circuitele secundare ale stațiilor se

aduc încă din import (în special relee de protecție) a fost necesar să se stabilească o listă standard de echipamente care să corespundă nu numai ca performanțe tehnice ci și ca posibilități de procurare.

Pentru simplificarea operației de tipizare, schemele circuitelor secundare au fost descompuse în elemente constituite din scheme corespunzînd unei singure funcțiuni sau unui grup redus de funcțiuni și anume: scheme de măsură, scheme de comandă-semnalizare-blocaj pentru întreruptoare și separatoare, scheme de protecție prin relee, scheme de automatizare, scheme de sincronizare, scheme pentru comanda și semnalizarea reglajului sub sarcină a transformatoarelor, scheme de semnalizări generale etc.

Folosind un număr relativ redus de scheme elementare se poate obține, prin combinare, o foarte mare varietate de scheme complete.

În stadiul actual sînt tipizate un număr de 110 scheme elementare, respectiv 80 scheme de comandă și control și 30 scheme de protecție, care corespund circuitelor secundare de la stațiile de transformare pînă la 110 kV inclusiv avînd bare colectoare simple la toate tensiunile, echipament de înaltă tensiune fabricat în țară și care sînt exploatate în unul din sistemele despre care s-a vorbit mai sus.

Schemele au fost astfel concepute încît să permită trecerea fără dificultăți de la sistemul de exploatare cu personal chemat la cel cu personal permanent.

Operația de tipizare nu s-a limitat numai la scheme. Ea a cuprins de asemenea construcția metalică a panourilor de comandă, a dulapurilor de relee și a cutiilor de cleme și aparate precum și montajul aparatajului pe aceste construcții. În colaborare cu întreprinderea de execuție s-a conceput realizarea unui număr de 32 tipuri de confecții echipate complet, care permit rezolvarea conexiunilor circuitelor secundare cel puțin pentru categoria de stații de transformare pînă la 110 kV amintită.

Numărul redus de tipuri de confecții:

5 panouri de comandă;
12 dulapuri pentru relee;
6 cutii de cleme și aparate;
9 cutii pentru cleme și relee la celulele 6—16 kV

a putut fi obținut prin următoarele măsuri:

- panourile, dulapurile, cutiile de cleme și aparatele se echipează întotdeauna cu șiruri de cleme, siguranțe, comutatoare, elemente de semnalizare, aparataj mărunt conform schemei maximale;
- la panourile de comandă numai aparatele de măsură corespunzătoare circuitelor primare neechipate (rezerve) nu se montează;
- la dulapurile de relee numai releele corespunzătoare protecțiilor nefolosite nu se montează.

S-a căutat ca variantele de schemă să se obțină numai prin eliminări de relee nu și prin completări sau prin înlocuiri de relee.

Cheltuielile suplimentare legate de punerea în aplicare a măsurilor arătate mai sus sînt pe deplin compensate de posibilitatea prefabricării unor produse cu serie de fabricare mult sporită, precum și de posibilitatea adaptării ușoare a circuitelor secundare în cazul dezvoltării instalației.

Serviciile proprii

Tipizarea serviciilor proprii de curent alternativ, curent continuu, aer comprimat nu a ridicat probleme speciale.

Stațiile-tip se echipează cu transformatoare pentru servicii proprii 6 (15)/0,4kV—50kVA. În stațiile de 110 kV se instalează două unități, iar în cele de 35 kV o singură unitate.

Pentru curentul continuu operativ s-a adoptat tensiunea de 48 V. Tensiunea de 48V corespunde instalațiilor de telemecanică. La stații mici, care folosesc celule de 6—15 kV în cabine metalice de exterior, s-a adoptat și o variantă cu curent operativ de 24 V.

Instalația de aer comprimat este dotată cu două grupuri compresoare care funcționează la presiunea de 4,5 ata și alimentează cel puțin acționările pneumatice ale întreruptoarelor de 110 kV. La întreruptoarele de 35 kV și 6—15 kV acționarea se face fie pneumatic, fie prin dispozitiv cu resort. În ceea ce privește separatoarele numai la cei de comutare se prevăd acționări pneumatice.

V. Clădiri

Acțiunea de tipizare a clădirilor de stații, începută cu o oarecare timiditate încă din anul 1956, s-a înscris într-o formulă mai concretă o dată cu tipizarea schemelor de conexiuni primare și a subansamblelor tehnologice din aceste instalații.

Lipsa de experiență a proiectantului, pe de o parte, și a executantului pe de altă parte, pentru realizarea în limite tehnico-economice raționale a unor clădiri prefabricate de stații a condus la necesitatea elaborării unor proiecte refolosibile de clădiri monolite și a unor proiecte de clădiri prefabricate parțial, avînd un caracter mai mult experimental. Sistemul constructiv al uneia din ultimele stații de transformare realizate parțial prefabricat într-o soluție mai evoluată din punctul de vedere al gradului de prefabricare a fost alcătuit din stîlpi prefabricați de beton armat, instalați în fundații tip pahar, grinzi și plăci de acoperiș prefabricate, pereți exteriori longitudinali din elemente prefabricate de fațadă, fixate de construcție prin intermediul unor grinzi monolit; pereții de capăt și pereții interiori au fost realizați din zidărie de cărămidă și stîlpi de beton armat monolit.

Cumulînd, în anumite proporții, avantajele și dezavantajele execuției monolit și execuției

din prefabricate de serie restrînsă, aceste soluții nu au dat decît parțial satisfacție, și ca urmare, în vederea rentabilizării prefabricării, a fost necesară reconsiderarea sistemului constructiv descris și adoptarea unei soluții de prefabricare care să permită aplicarea ei la o serie cît mai mare de obiecte cu un număr cît mai mic de tipuri de elemente prefabricate.

Astfel, la sfîrșitul anului 1961 au fost elaborate proiectele de execuție tip a clădirilor destinate următoarelor categorii de obiecte :

a) Posturi de transformare de 6—15/0,4 kV, cu racord subteran, pentru distribuție publică generală, în variantele :

— tip C_1 — echipat cu 1 transformator de 100 — 400kVA ;
— tip C_2 — echipat cu 2 transformatoare de cîte 100 — 400 kVA fiecare.

b) Stații de transformare cu tensiunea superioară de 35 kV, exploatate cu personal permanent, în variantele :

— tip C_3 — cu 12 celule de 6 (15) kV dispuse pe două rînduri ;
— tip C_4 — cu 18 celule de 6 (15) kV dispuse pe două rînduri.

c) Stații de transformare cu tensiunea superioară de 110 kV, exploatate cu personal permanent (fig. 5) în variantele :

— tip C_5 — cu 12 celule de 6 (15) kV dispuse pe două rînduri ;
— tip C_6 — cu 18 celule de 6 (15) kV dispuse pe două rînduri ;
— tip C_7 —cu 22 celule de 6 (15) kV dispuse pe două rînduri ;
— tip C_8 — cu 28 celule de 6 (15) kV dispuse pe două rînduri.

Pentru realizarea acestor clădiri sînt necesare 11 tipuri de elemente prefabricate de beton armat, și anume :

— 1 tip de stîlp folosit numai la clădirile de stații ;
— 7 tipuri de panouri sistem cheson din care trei tipuri se folosesc și la clădirile de posturi ;
— 2 tipuri de cornișă folosite numai la clădirile de stații ;
— 1 tip de grindă de acoperiș folosită numai la clădirile de stații.

După cum rezultă din cele de mai sus, clădirile de posturi se realizează numai cu trei tipuri de elemente prefabricate.

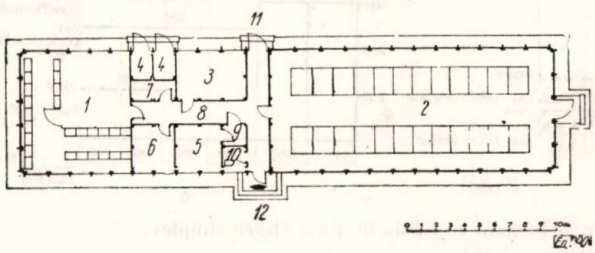


Fig. 5. Clădire tip C_8 pentru stații de transformare 110 kV. Dispoziție generală.

PLAN PARTER : *1* — camera de comandă ; *2* — sala de conexiuni ; *3* — compresori ; *4* — transformatoare de servicii interne ; *5* — acumulatorii ; *6* — birou-atelier ; *7* — depozit ; *8* — culoar ; *9* — tampon ; *10* — WC. ; *11* — stație exterioară ; *12* — drum.

Spre deosebire de soluțiile anterioare, sistemul constructiv de la tipurile de clădiri enumerate mai sus conduce la realizarea suprastructurii lor aproape în întregime numai din elemente prefabricate de beton armat executate în atelier, în condițiile industrializării lucrărilor de montaj a elementelor prefabricate. El prezintă următoarele caracteristici :

1. Pereții exteriori ai clădirilor de stații (tip C_3. . .C_8) se compun din stîlpi prefabricați în formă de T și panouri sistem cheson care se fixează de stîlpi prin buloane. Soclul acestor clădiri este realizat din plăci prefabricate fixate de stîlpi tot prin buloane. Pereții interiori se realizează folosind unele tipuri din panourile de exterior la care se mai adaugă un tip special de panou prevăzut cu gol pentru ușă interioară.

Se menționează că deși modulul în plan pentru clădirile de stații est de 1,5 m, în ambele direcții, printr-o dispoziție specială a stîlpilor de colț s-a putut obține numai cu 5 travei o deschidere utilă de 8 m, impusă de gabaritul celulelor de 6 (15).

Pereții exteriori ai clădirilor de posturi de transformare (tip C_1 și C_2) se compun numai din panouri sistem cheson, îmbinate între ele prin buloane și încastrate în fundație prin intermediul unor bucăți de oțel lat.

2. Acoperișul clădirilor de stații este realizat din grinzi prefabricate de beton armat, sprijinite de stîlpi prin intermediul plăcilor de cornișă, și panouri prefabricate montate pe grinzi.

Se menționează că la clădirile de posturi acoperișul este realizat tot dintr-un tip de panou de perete rezemat direct pe pereții exteriori.

3. Plafonul din corpul de comandă a stațiilor este cu 1 m sub nivelul acoperișului și se realizează din plăci de fibrobeton montate pe o rețea de oțel beton.

4. Izolarea termică a încăperilor încălzite se execută din plăci de fibrobeton geluite.

5. Cota 0,00 a tuturor tipurilor de clădiri se execută din beton monolit slab armat. Complexitatea și varietatea de dimensiuni a canalelor de cabluri, a țevilor, a străpungerilor necesare pozării cablelor de forță și de circuite secundare nu fac posibilă prefabricarea, în limite raționale, a cotei 0,00.

VI. Concluzii

Proiectele-tip elaborate pînă în prezent au permis rezolvarea în bune condiții a majorității cazurilor practice de stații de transformare cu tensiunea cea mai înaltă 110 kV și 35 kV necesare rețelelor sistemului energetic național. Efectul economic al acțiunii de tipizare s-a manifestat prin reducerea timpului și costului proiectării, a duratei de execuție a lucrărilor, prin economii datorită scurtării termenelor de punere în funcțiune și în sfîrșit, prin studierea mai adîncită a

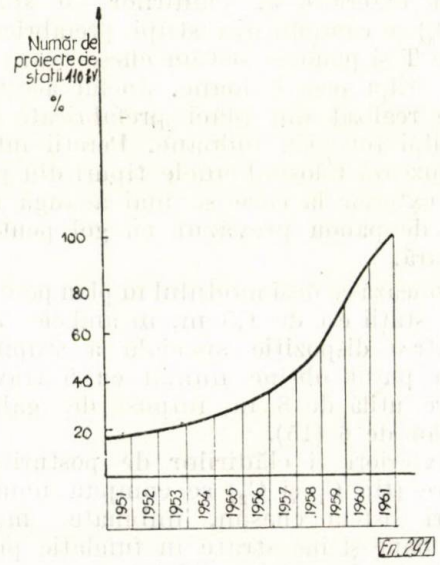


Fig. 6. Variația productivității în proiectarea stațiilor cu tensiunea cea mai înaltă de 110 kV.

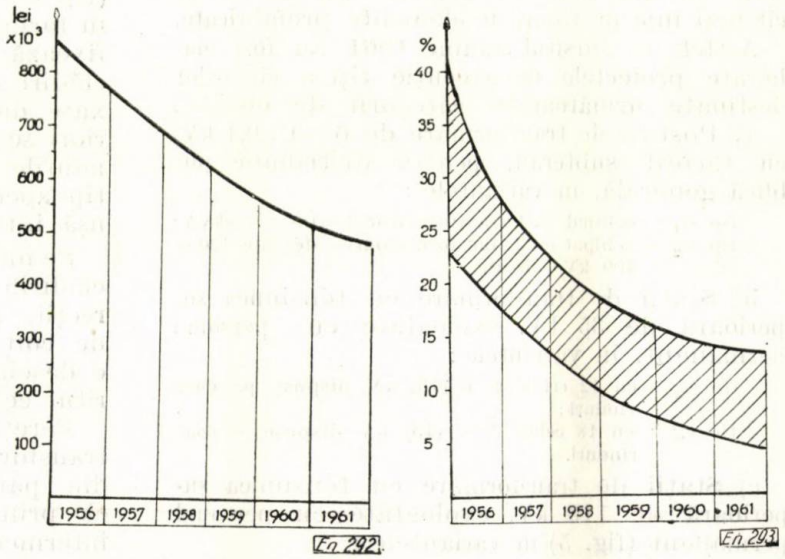


Fig. 7. Variația indicilor de cost :
a — celula de 110 kV; *b* — partea de construcție raportată la costul total.

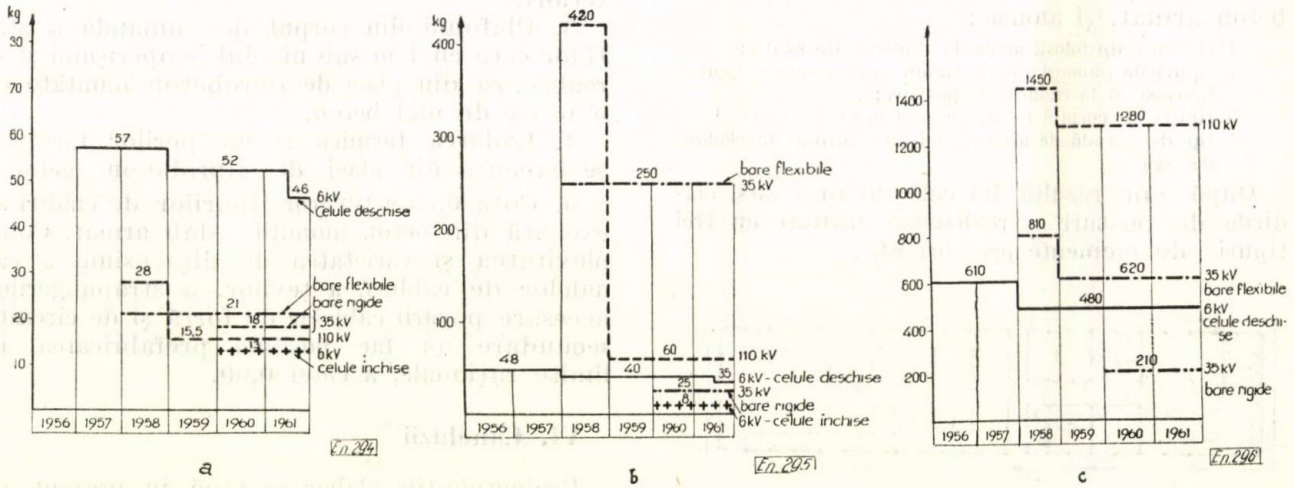
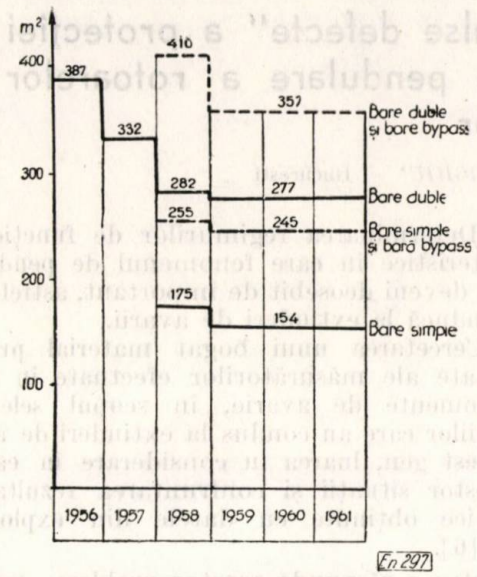
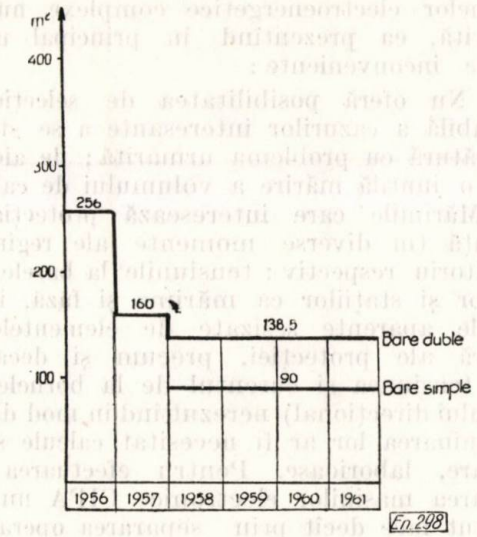


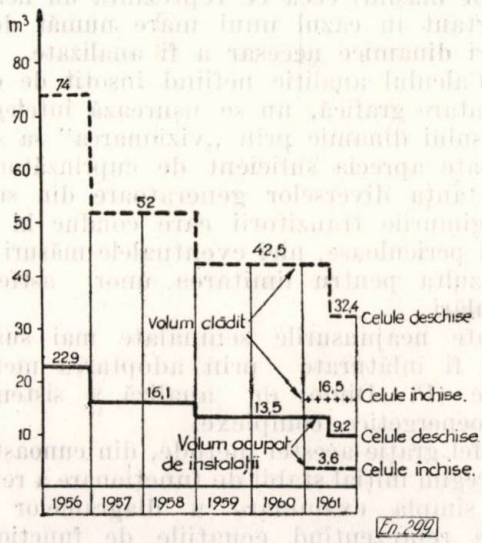
Fig. 8. — Variația indicilor de consum de materiale principale în celula de linie (bare simple) :
a — aluminiu; *b* — izolatori; *c* — oțel;



a — suprafața celulei de linie 110 kV.

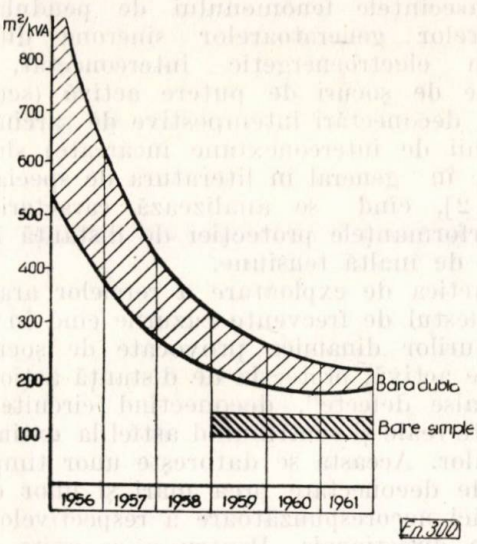


b — suprafața celulei de linie 35 kV.

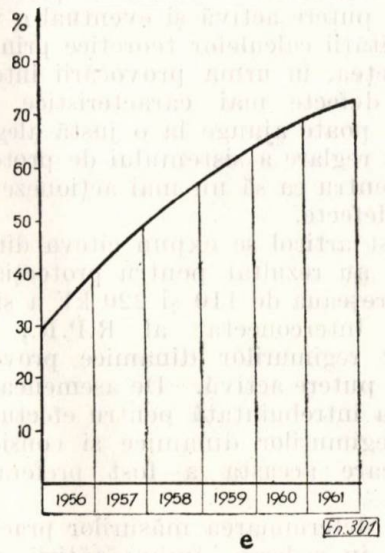


c — volumul celulei de linie 6 (15) kV.

soluțiilor. Productivitatea în proiectarea stațiilor a crescut de circa două ori în ultimii 3—4 ani (fig. 6), iar durata de execuție a unei stații medii a fost redusă cu peste 60%, indicii de cost (fig. 7), indicii de consum de materiale principale (fig.8) și indicii de spațiu (fig. 9) s-au îmbunătățit continuu.



d — suprafața de teren specifică.



e — gradul de utilizare a terenului ocupat.

Fig. 9 *(a, b, c, d, e)*. Variația indicilor de spați.

Studiile care se fac în momentul de față urmăresc elaborarea unor proiecte complete pentru variantele uzuale de stații cu tensiunea cea mai înaltă de 110 kV și extinderea tipizării într-o măsură mai mare la documentațiile economice. Concomitent cu îmbunătățirea performanțelor echipamentului fabricat în țară și a introducerii metodelor moderne de execuție, soluțiile actuale vor fi revizuite periodic în scopul perfecționării lor.

Consideraţii asupra acţionării la „false defecte" a protecţiei de distanţă datorită fenomenului de pendulare a rotoarelor generatoarelor

*GEORGE MORAITE şi MIRCEA GHEORGHIU** — Bucureşti

Consecinţele fenomenului de pendulare a rotoarelor generatoarelor sincrone dintr-un sistem electroenergetic interconectat, provocate de şocuri de putere activă (scurtcircuite, deconectări intempestive de sarcină sau de linii de interconexiune încărcate) sînt relevate în general în literatura de specialitate [1], [2], cînd se analizează caracteristicile şi performanţele protecţiei de distanţă în reţelele de înaltă tensiune.

Practica de exploatare a reţelelor arată că sînt destul de frecvente cazurile cînd în urma regimurilor dinamice provocate de şocuri de putere activă, protecţia de distanţă acţionează la „false defecte", deconectînd circuite fără defecte reale şi contribuind astfel la extinderea avariilor. Aceasta se datoreşte unor timpi totali de deconectare prea mari şi unor caracteristici necorespunzătoare a respectivelor elemente direcţionale. Pentru a se evita astfel de situaţii, se impune o analiză mai aprofundată a regimurilor dinamice provocate de şocuri de putere activă şi eventual o verificare a valabilităţii calculelor teoretice prin măsurători în reţea, în urma provocării intenţionate a unor defecte mai caracteristice. În felul acesta se poate ajunge la o justă alegere şi la o corectă reglare a sistemului de protecţie respectiv, pentru ca să nu mai acţioneze la astfel de false defecte.

În acest articol se expun cîteva din concluziile care au rezultat pentru protecţia de distanţă în reţeaua de 110 şi 220 kV a sistemului energetic interconectat al R.P.R., pe baza calculelor regimurilor dinamice provocate de şocuri de putere activă. De asemenea se arată şi metoda întrebuinţată pentru efectuarea calculelor regimurilor dinamice şi considerentele pentru care aceasta a fost preferată altor metode.

Pentru determinarea măsurilor practice care se impun în vederea îmbunătăţirii sistemului de protecţie de distanţă în reţeaua de înaltă tensiune a sistemului energetic al R.P.R., a fost necesar să se elucideze următoarele probleme mai importante :

a. Determinarea regiunilor din reţeaua de înaltă tensiune în care şocurile de putere activă (în special scurtcircuitele) pot conduce la extinderi de avarii prin deconectarea unor circuite fără defect de către protecţia de distanţă, datorită pendulărilor puternice ale generatoarelor din sistem.

b. Determinarea regimurilor de funcţionare caracteristice în care fenomenul de pendulare poate deveni deosebit de important, astfel încît să conducă la extinderi de avarii.

c. Cercetarea unui bogat material privind rezultate ale măsurătorilor efectuate în reţea în momente de avarie, în scopul selectării situaţiilor care au condus la extinderi de avarii de acest gen, luarea în considerare în calcule a acestor situaţii şi confruntarea rezultatelor teoretice obţinute cu datele din exploatare [5], [6].

Pentru a răspunde acestor probleme, metoda clasică pentru studiul stabilităţii dinamice a sistemelor electroenergetice complexe nu era potrivită, ea prezentînd în principal următoarele inconveniente :

a. Nu oferă posibilitatea de selecţionare prealabilă a cazurilor interesante a se studia, în legătură cu problema urmărită ; de aici rezultă o inutilă mărire a volumului de calcule.

b. Mărimile care interesează protecţia de distanţă (în diverse momente ale regimului tranzitoriu respectiv : tensiunile la barele centralelor şi staţiilor ca mărime şi fază, impedanţele aparente sesizate de elementele de măsură ale protecţiei, precum şi decalajul între tensiunea şi curentul de la bornele elementului direcţional) nerezultînd în mod direct, determinarea lor ar fi necesitat calcule suplimentare, laborioase. Pentru efectuarea lor, utilizarea maşinilor electronice CIFA nu s-ar fi putut face decît prin separarea operaţiilor în cîteva faze (din cauza memoriei limitate a acestor maşini) ceea ce reprezintă un neajuns important în cazul unui mare număr de regimuri dinamice necesar a fi analizate.

c. Calculul analitic nefiind însoţit de o reprezentare grafică, nu se uşurează înţelegerea procesului dinamic prin „vizionarea" sa şi nu se poate aprecia suficient de cuprinzător nici importanţa diverselor generatoare din sistem în regimurile tranzitorii care conduc la pendulări periculoase, nici eventualele măsuri care ar rezulta pentru limitarea unor astfel de pendulări.

Toate neajunsurile semnalate mai sus au putut fi înlăturate prin adoptarea metodei nodale (P. Dimo) de analiză a sistemelor electroenergetice complexe.

Astfel graţie acestei metode, din cunoaşterea unui regim iniţial stabil de funcţionare a reţelei, prin simpla examinare a diagramelor vectoriale reprezentînd ecuaţiile de funcţionare a nodurilor, s-a putut face o precisă şi uşoară

* G. Moraite şi M. Gheorghiu sînt ingineri proiectanţi şef la I S P E.

selectare a locurilor și situațiilor în care scurtcircuitele ar duce la pendulări ale generatoarelor, susceptibile a determina declanșări nejustificate din partea protecției de distanță. Prin aceasta s-a obținut eliminarea unui mare volum de calcule inutile și respectiv o apre-

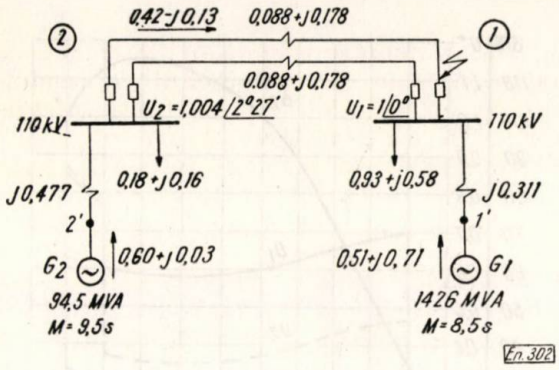


Fig. 1. Schema electrică echivalentă a unui sistem electroenergetic (pentru tensiuni, impedanțe și puteri sînt date valorile relative, calculate cu $S_b = 100$ MVA și $U_b = 115$ kV).

ciabilă economie de timp. Pentru a se putea urmări criteriile care s-au avut în vedere la o astfel de selectare, în fig. 1 se indică una din cele mai simple situații analizate. Sistemul

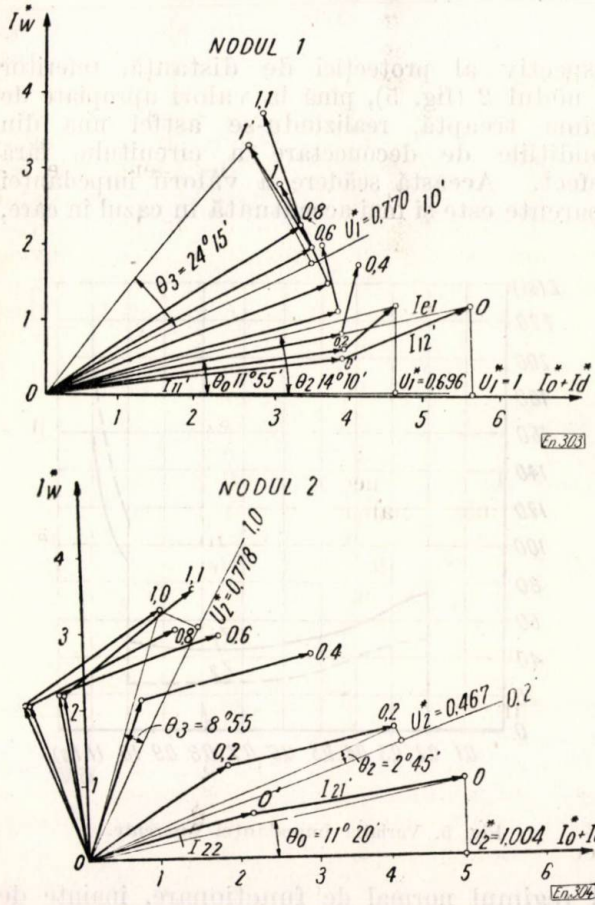


Fig. 2. Reprezentarea grafică a regimului inițial (stabil) și a celui dinamic pentru rețeaua din fig. 1 :
a – reprezentarea nodului 1; b – reprezentarea nodului 2.

energetic complex, prin o serie de transfigurări adecvate, este redus la schema echivalentă arătată, în care barele *1*, *2* și linia dublă de interconexiune între ele sînt elemente reale din rețea. Generatorul G_2 reprezintă o centrală locală, iar G_1 este generatorul echivalent restului sistemului energetic. Tensiunile nodurilor și circulațiile de puteri indicate corespund unui regim staționar de funcționare a rețelei care văzut din noduri conduce la reprezentările grafice din fig. 2 *a* și *b* (vectorii notați cu I'_{11} și I'_{12}, respectiv cu I'_{22} și I'_{21} și rezultantele lor $I_{\epsilon 1}$ și $I_{\epsilon 2}$). Din aspectul acestor reprezentări vectoriale se poate intui fără dificultate că un scurtcircuit pe unul din circuitele arterei *1 — 2* poate conduce la pendulări importante ale generatoarelor conectate la cele două noduri. Aceasta deoarece vectorii I'_{21} și I'_{22} care reprezintă curenții de scurtcircuit referitor la generatoarele G_1 și G_2 în reprezentarea nodului 2 (fig. 2, *b*) sînt de lungimi comparabile. În același timp, în cazul unui scurtcircuit pe unul din circuitele arterei *1—2*, rotorul generatorului G_2 se va accelera într-o măsură mult mai mare decît rotorul generatorului G_1, datorită inerției diferite a celor două generatoare (generatorul G_2 reprezintă o centrală locală de 94,5 MVA, în timp ce generatorul G_1 reprezintă centralele cu o putere de 1426 MVA. De asemenea se vede că este mai defavorabil cazul de scurtcircuit în vecinătatea nodului *1* decît în vecinătatea nodului *2*, întrucît în aceste condiții rezultă pendulări mai importante în intervalul cît se menține scurtcircuitul în sistem, după deconectarea liniei cu defect din spre nodul *1*, ca urmare a faptului că acest scurtcircuit acționează direct asupra generatorului G_2 (cu inerție mai redusă) și indirect asupra generatorului G_1.

Tensiunile în noduri, care intervin direct în funcționarea protecției de distanță, prin utilizarea acestei metode, rezultă nemijlocit în orice moment al regimului tranzitoriu, ca mărime (modul) și fază, din ecuațiile nodurilor [3] [4] [7]:

$$U_x = \frac{E_x Y_{xx'} + \Sigma E_j Y_{xj'}}{Y_{xt}} \qquad (1)$$

Aici E_x este tensiunea electromotoare a generatorului legat direct la nodul x, iar E_j reprezintă tensiunile electromotoare ale generatoarelor echivalente din celelalte j noduri ale rețelei; Y_{xt} este admitanța totală a nodului x, $Y_{xx'}$ și $Y_{xj'}$ sînt respectiv admitanța generatorului E_x și admitanțele de transfer. Pentru diversele momente ale regimului dinamic se consideră că tensiunile electromotoare rămîn neschimbate ca valori eficace, iar pentru admitanțe se iau în considerare valorile care rezultă din situațiile concrete ale schemei electrice.

Din cunoaşterea tensiunilor rezultă puterile active şi reactive pe linie (fig. 3), deci implicit şi impedanţa aparentă de la bornele elementului de măsură a protecţiei de distanţă :

— puterea care pleacă din nodul *1* spre nodul *2*

$$S_{1\to 2} = 3V_1 I^* = 3V_1 \left(\frac{V_1 - V_2}{Z}\right)^* =$$

$$= U_1 (U_1^* - U_2^*)\, Y^* \qquad (2)$$

— puterea care soseşte în nodul *2* dinspre nodul *1* :

$$S_{2\leftarrow 1} = 3V_2 I^* = 3V_2 \left(\frac{V_1 - V_2}{Z}\right)^* =$$

$$= U_2 (U_1^* - U_2^*)\, Y^* \qquad (3)$$

Simplitatea acestor relaţii, ca şi a celorlalte utilizate în decursul calculelor, a permis întocmirea unui program de lucru pentru maşina electronică CIFA, care să fie în concordanţă

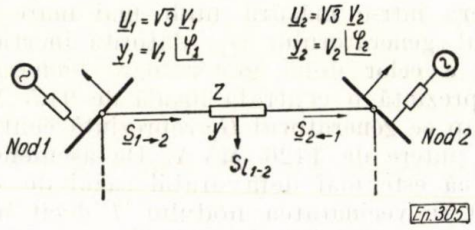


Fig. 3. Circulaţia puterilor pe o linie între 2 noduri, funcţie de tensiunile nodurilor.

cu capacitatea ei de memorie chiar şi pentru reţele buclate cu 4 noduri şi 12 generatoare. [1]

Cu titlu informativ indicăm că durata unor astfel de calcule (pentru o reţea buclată cu 4 noduri şi 12 generatoare) efectuate cu maşina CIFA este de 2 ore (inclusiv timpul de introducere a datelor în maşină), faţă de circa 80 ore în cazul calculului cu rigla.

Utilizînd metoda clasică de calcul, pentru analiza aceluiaşi regim dinamic durata calculelor cu maşina CIFA este de circa 8 ore (creşterea duratei se datoreşte timpului consumat cu repetarea introducerii de date iniţiale în maşină, corespunzător necesităţii, în acest caz, separării operaţiilor de calcul pe faze).

Revenind la cazul prezentat în fig. 1 menţionăm că s-a considerat deconectarea circuitului cu defect la 0,2 s dinspre nodul *1* şi la 1 s (de la producerea scurtcircuitului) dinspre nodul *2*.

Conform celor indicate mai sus, datorită accelerării diferite a rotoarelor celor două generatoare echivalente şi a modulelor comparabile ca mărime a vectorilor care reprezintă curenţii de scurtcircuit referitori la nodul *2* (I_{22} şi I_{21}' în fig. 2 *b*), scăderea tensiunii în acest nod va fi mult mai accentuată decît în nodul *1* (fig. 4). Aceasta are ca efect scăderea impedanţei aparente măsurate de elementul

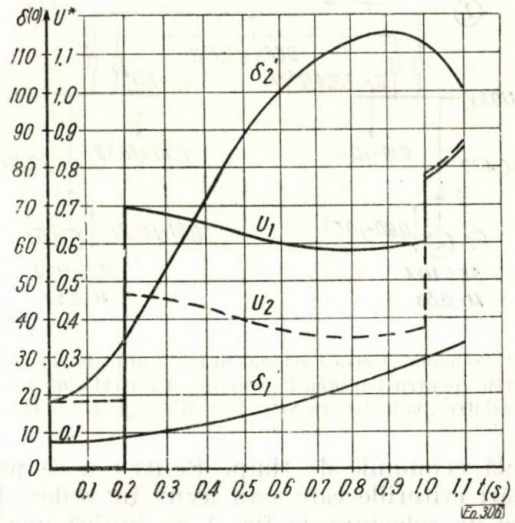


Fig. 4. Variaţia tensiunii nodurilor şi a unghiurilor rotorice.

respectiv al protecţiei de distanţă, referitor la nodul *2* (fig. 5), pînă la valori apropiate de prima treaptă, realizîndu-se astfel una din condiţiile de deconectare a circuitului fără defect. Această scădere a valorii impedanţei aparente este şi mai accentuată în cazul în care,

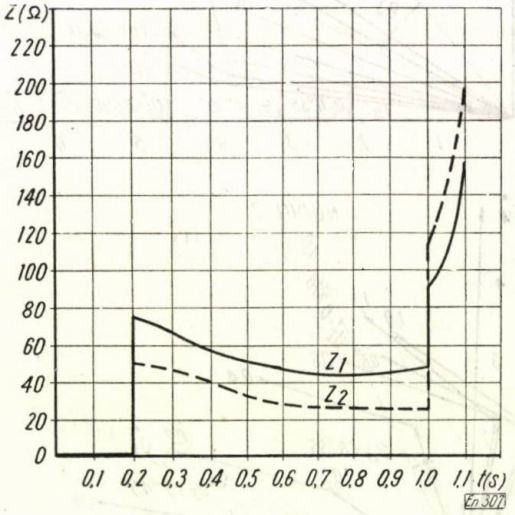


Fig. 5. Variaţia impedanţei aparente.

în regimul normal de funcţionare, înainte de producerea defectului, artere *1—2* este mai încărcată (circa 70 MW) decît în regimul prezentat în fig. 1 (42 MW).

[1] Programele pentru maşina electronică au fost efectuate de ing. Persida Iancovici şi Bogdan. Ungureanu

Pentru ca deconectarea circuitului fără defect să fie în adevăr posibilă trebuie îndeplinită și o a doua condiție : elementul direcțional al protecției de distanță, din nodul *2*, să permită, prin deblocare, acționarea întrerupătorului respectiv. Aceasta rezultă din examinarea varia-

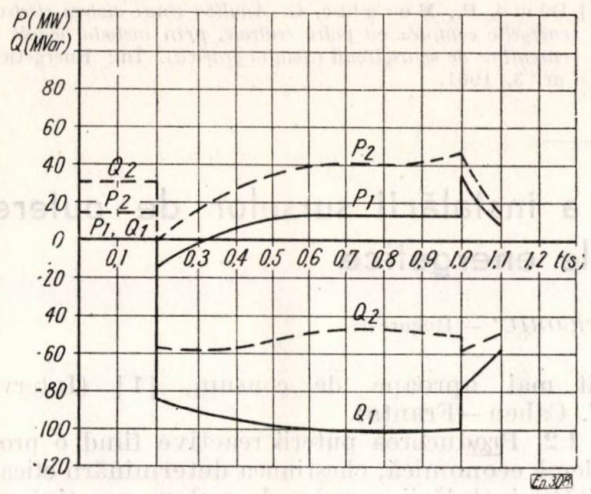


Fig. 6. Variația puterilor active și reactive pe circuitul fără defect.

ției în timpul regimului dinamic (0,2 — 1 s) a puterilor active și reactive (P_2 și Q_2) pe circuitul fără defect (fig. 6).

În cazul analizat se constată că elementul direcțional acționat de tensiune U_{RS} și curentul I_T se află în condițiile în care poate debloca protecția de distanță, permițînd acționarea întrerupătorului. În cazul în care nu s-ar fi ținut seama de încărcarea reală a generatoarelor și de consumul localizat de putere activă și reactivă din sistemul energetic, nu ar fi fost posibil să se ajungă la concluzia de mai sus, concluzie verificată prin analiza unei avarii reale din sistem, regimurile dinamice respective fiind reconstituite pe cale analitică.

*

Din examinarea unui mare număr de regimuri dinamice, provocate atît de scurtcircuite pe liniile de interconexiune ale rețelei de 110 kV, cît și prin deconectări intempestive ale unora din aceste linii în sarcină, au rezultat următoarele concluzii mai importante privind protecția de distanță din această rețea :

a. Pe anumite artere importante ale rețelei de 110 kV, care au fost stabilite, este necesar a se introduce protecția de distanță folosind canale de înaltă frecvență, care să asigure deconectarea simultană de la ambele capete ale circuitelor cu defect, la un timp total de maximum 0,2 secunde.

b. Scurtcircuitele pe anumite plecări radiale de la barele de 110 kV trebuie deconectate la un timp total de maximum 0,3 s, la timpi mai mari pendulările generatoarelor din centralele mari respective devenind periculoase. Acești timpi trebuie verificați și prin încercări pe viu, în condiții reale de funcționare ale sistemului energetic.

c. Pendulări periculoase pot apărea și în cazul scurtcircuitelor nesimetrice, dacă în timpul regimului tranzitoriu respectiv are loc și deconectarea unor linii puternic încărcate, datorită acționării protecției de curent homopolar. De aici au rezultat anumite condiții privind timpii de deconectare realizați de protecția de rezervă de curent homopolar. În general pendulările periculoase apar în regimuri de interconectare parțială a sistemului energetic sau pe artere radiale în care există surse relativ puternice.

d. Stabilirea caracteristicilor necesare ale sistemului de protecție din rețeaua de înaltă tensiune trebuie să fie efectuată ținînd seama și de comportarea dinamică a sistemului energetic, în condiții reale de funcționare, cu luarea în considerație a sarcinilor și caracteristicilor generatoarelor.

În cazul neglijării acestor elemente de primă importanță în fenomenele dinamice din sistem, nu se pot prestabili suficient de exact condițiile de funcționare a sistemului de protecție în general și a celui de distanță în special. Fenomenul important care intervine în funcționarea protecției de distanță este prăbușirea tensiunii în diverse noduri ale rețelei în timpul regimurilor tranzitorii ale primei oscilații, provocate de pendularea rotoarelor generatoarelor sincrone.

e. Pentru studiul fenomenelor și determinarea mărimilor care intevin în funcționarea protecției selective, metoda de analiză nodală folosind curenții de scurtcircuit s-a dovedit a fi cea mai utilă, oferind posibilitatea de cercetare profundă a elementelor care influențează fenomenele dinamice în diversele lor faze, precum și căile cele mai directe de calculare a mărimilor care intervin în mod esențial în stabilirea condițiilor de funcționare a protecției (tensiunile de la barele reale ale rețelei, ca mărime și fază).

f. Prin același procedeu de analiză s-au obținut și rezultate privind condițiile în care se poate realiza RARM și RART în rețeaua de 110 și 220 kV a sistemului nostru energetic, stabilindu-se timpii totali de deconectare necesari, referitori la diverse artere importante de interconexiune. De asemenea s-au stabilit anumite caracteristici generale ale sistemului de forțare a excitației pentru generatoarele din diverse centrale mari, care vor intra în funcțiune în etapa 1963—1965, astfel încît efectul pendulărilor provocate de scurtcircuite să fie cît mai atenuat.

Bibliografie

[1] Atabecov, G. I. *Bazele teoretice ale protecției prin relee și rețelele de înaltă tensiune.* Ed. Gosenergoizdat Moscova, 1957.

[2] Neugebauer, H.: *Selektivschutz*, Ed. Springer, Berlin, 1958.

[3] Dimo, P.: *Principiul suprapunerii efectelor aplicat nodurilor unei rețele complexe, cale generală și unitară de analiză a sistemelor electroenergetice.* În: Electrotehnica nr. 4, 1961.

[4] Dimo, P: *Analiza nodală utilizînd curenții de scurtcircuit în cazul rețelelor complexe*, Energetica nr. 8, 1960.

[5] Dimo, P., Groza L., Moraite, G., *Conditions optimales d'essais pour la détermination des paramètres d'un reseaux.* În: Raport CIGRE nr. 314, 1962.

[6] Groza, L., Moraite G., Itoafă, A. *Determinarea prin încercări pe viu a comportării unei rețele electrice la fenomene dinamice și compararea rezultatelor cu valorile calculate prin procedeul analizei grafice* DIMO, Energetica nr. 5, 1958.

[7] Dimo, P., Moraite, G. *Analiza unui sistem electroenergetic complex cu patru centrale, prin metoda nodală a curenților de scurtcircuit (Soluția grafică).* În: Energetica nr. 3, 1961.

Determinarea eficacității economice a instalării surselor de putere reactivă în sistemele energetice

EMIL COSTIN și *GEORGE GRIGORIU** — București

1. Punerea problemei

1.1. Puterea activă necesară acoperirii consumului dintr-un sistem energetic poate fi produsă atît în locul în care se găsesc surse de energie primară cît și în locul în care se află concentrat consumul. Alegerea între aceste două alternative se face pe baza unor calcule tehnico-economice în care se compară economicitatea transportului energiei electrice cu transportul combustibililor.

Puterea reactivă necesară receptoarelor din sistemul energetic poate fi produsă fie în centrale electrice depărtate de zona de consum, împreună cu puterea activă, fie chiar în locul în care puterea reactivă se consumă. În caz general puterea reactivă nu poate fi produsă în centrale în condiții economice superioare celor în care ea poate fi produsă în orice loc al sistemului. Rezultă că puterea reactivă trebuie produsă la locul de consum sau cît mai aproape de acesta [1], [2].

Se evită astfel pierderile suplimentare de putere activă ocazionate de vehicularea puterii reactive.

Prin aceasta se realizează independența sectoarelor de distribuție și consum din punct de vedere al puterii reactive și reglării tensiunii, față de sistemul interconectat.

La sesiunea CIGRE—1958, s-a arătat că: „Chestiunea producerii puterii reactive este o chestiune economică. Exploatarea trebuie nu numai să producă putere reactivă cu preț redus, dar să ducă această putere la cost minimal pînă în punctele de consum" [1].

„Raportul între costul de producție al energiei active și al energiei reactive este cuprins între 30 și 50. Din contră costul transportului este de același ordin de mărime. Deci, nu se poate ezita: energia reactivă trebuie produsă cît mai aproape de consum. [1] (Interv. F. Cahen—Franța).

1.2. Producerea puterii reactive fiind o problemă economică, chestiunea determinării eficacității instalării surselor de putere reactivă se poate rezolva numai pe bază de calcule tehnico-economice. Aceste calcule trebuie să țină seama de:

1.2.1. Costurile de instalare a puterii reactive în generatoare.

1.2.2. Pierderile suplimentare de putere și energie activă provocate în generatoare de producerea puterii reactive.

1.2.3. Costul puterii active deblocate din generatoarele ce funcționau la un factor de putere inferior celui nominal, prin descărcarea acestora de o parte din puterea reactivă ce o produceau.

1.2.4. Pierderile de putere și energie activă și pierderile de putere reactivă determinate de vehiculare puterii reactive în rețea (linii și unități de transformare).

1.2.5. Costurile de instalare a surselor de putere reactivă (compensatoare sincrone și condensatoare statice).

1.2.6. Pierderile de putere și energie activă ocazionate de funcționarea surselor de putere reactivă (compensatoare sincrone și condensatoare statice).

1.2.7. Costurile anuale de exploatare, întreținere, reparații și amortizare ale surselor de putere reactivă (compensatoare sincrone și condensatoare statice).

2. Repercusiuni ale instalării puterii reactive asupra diverselor elemente ale sistemelor energetice

2.1. Instalarea puterii reactive în generatoarele centralelor electrice are repercusiuni tehnico-economice asupra acestora.

* Emil Costin și G. Grigoriu sînt ingineri proiectanți principali la I.S.P.E.

Pînă nu de mult generatoarele instalate în centralele din țara noastră au fost construite cu preponderență pentru un factor de putere nominal de 0,8. Aceasta a condus la producerea centralizată a puterii reactive și a micșorat întrucîtva preocuparea pentru producerea puterii reactive, direct la consumatori. În urma introducerii tarifelor diferențiate în funcție de factorul de putere al consumatorilor, în scopul reducerii pierderilor de energie în rețele și ameliorării nivelurilor de tensiune, consumatorii au trecut la compensarea locală a puterii reactive, prin condensatoare statice și motoare sincrone. Producerea de către consumatori a unei părți a necesarului de putere reactivă a determinat scăderea furniturii de putere reactivă din partea generatoarelor și implicit funcționarea acestora cu cos φ superior. Funcționarea generatoarelor la un factor de putere superior celui nominal are repercusiuni asupra randamentului acestora (din fig. 1 [3] se vede cum variază randamentul în funcție de cos φ și încărcarea pe generator, pentru hidrogeneratoare) și asupra pierderilor în generatoare (în [4] se arată că pierderile suplimentare provocate de furnitura de energie reactivă se estimează pentru un alternator de 50 MW și cos $\varphi = 0{,}8$ la circa 6 kW/MVar). Reducerea curentului în generatoare datorită micșorării puterii reactive creează posibilitatea măririi furniturii de putere activă de către același generator. Practic puterea activă furnizată de către generator este predeterminată prin puterea mașinii primare. Anumite firme constructoare de generatoare indică [5] — drept valoare determinantă a încărcării generatoarelor, — puterea aparentă, căreia i se aduce o corecție în funcție de factorul de putere la care generatorul funcționează. În tabela 1 se indică valorile factorului de corecție care reduce puterea aparentă.

Tabela 1

Cos φ	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0
K	1	1	1	0,95	0,9	0,8

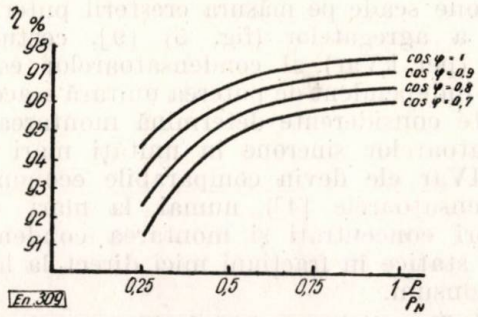


Fig. 1. Curbele variației randamentului în funcție de sarcină pentru hidrogeneratoarele de mare putere (din „Proiectarea mașinilor electrice" de I. M. Postnikov).

Din acestea rezultă că un generator construit pentru 50 MW și cos $\varphi = 0{,}8$ (63,5 MVA) poate furniza la cos $\varphi = 0{,}9$ 56,3 MW și la cos $\varphi = 1$, 62,5 MW, dacă mașina primară permite, în timp ce la cos $\varphi = 0{,}7$, poate debita numai 41,5 MW. În aceste condiții greutatea specifică (t/MW) a generatorului și implicit costul specific scad o dată cu creșterea factorului de putere la care este utilizat generatorul, dacă acesta din urmă este cuplat cu o mașină primară de putere corespunzătoare. În fig. 2 sînt reprezentate curbele de variație ale costului și greutății specifice, în funcție de cos φ la care funcționează, pentru un generator de 50 MW — cos $\varphi = 0{,}8$ — tip BBC.

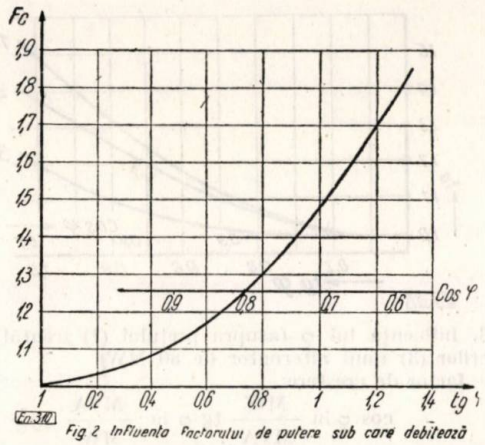


Fig. 2. Influența factorului de putere sub care debitează generatorul asupra costului (și greutății) per kW generator în unități relative

f_c = Factor de creștere; cos φ în $\frac{\text{kW}}{\text{kVA}}$; $\text{tg}\varphi = \frac{\text{k Var}}{\text{kW}}$.

Generatorul care este construit pentru cos $\varphi = 0{,}8$ și este exploatat la cos $\varphi > 0{,}8$, este supradimensionat pentru acest nou regim din punctul de vedere al rotorului și al excitației. Astfel economiile menționate mai sus sînt inferioare celor ce se poate realiza, dacă un anumit generator, în loc să fie construit pentru un factor de putere oarecare și să funcționeze cu un factor de putere superior, este construit direct la factorul de putere la care urmează să fie exploatat.

Această relație, valabilă pentru generatoare în general, a fost studiată în special pentru hidrogeneratoare [5 6]; concluziile rezultate sînt reproduse sub formă de curbe în fig. 3.

Problema dimensionării generatoarelor și dependența acestora de cos φ reprezintă o preocupare a specialiștilor. Se arată astfel [7] că în dimensionarea generatoarelor importanța cea mai mare o are dimensionarea rotorului — — piesa de cea mai mare răspundere. În același studiu se arată că pentru un anumit raport de scurtcircuit, suma puterilor active și reactive este aproximativ constantă, independentă de cos φ (fig. 4) și ea este aceea care determină dimensionarea rotorului.

În prezent tendința de a construi generatoare pentru factor de putere superior lui cos $\varphi = 0{,}8$

este bine marcată, datorită avantajelor astfel obținute [1, 2, 8].

Din cele de mai sus rezultă că instalarea puterii reactive în generatoare reprezintă costuri de investeții distincte și bine precizate și

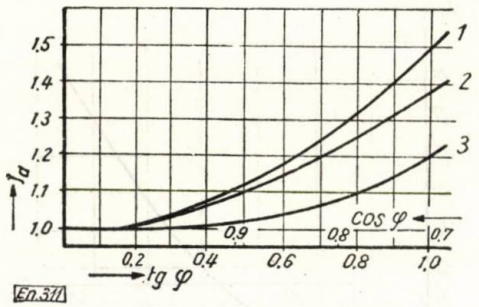


Fig. 3. Influența lui φ (asupra prețului (1) greutății (2) și pierderilor (3) unui alternator de 80 MW)
f_a — factor de creștere

$$\cos \varphi \text{ în } \frac{\text{MW}}{\text{MVA}} \quad \text{tg } \varphi \text{ în } \frac{\text{MVA}}{\text{MW}}$$

(J. Chatelain — Bul ASE nr. 7, 9 aprilie)

costuri anuale suplimentare pentru acoperirea pierderilor de energie (vezi pct. 1.2.1. și 1.2.2. de mai sus).

2.2. Funcționarea unui generator la un factor de putere inferior celui nominal impune reducerea puterii aparente și a puterii active debitate de acesta (un exemplu de factor de corecție este indicat în tabela 1). Puterea activă pe care o poate debita generatorul în aceste condiții este inferioară puterii agregatului primar, căruia i se blochează astfel o parte din puterea disponibilă.

Din punctul de vedere al sistemului energetic utilizarea acestei puteri blocate este echivalentă cu instalarea aceleiași puteri într-o centrală electrică. Diferența concretă constă în faptul că instalarea unei puteri noi implică construirea unor centrale electrice în timp ce deblocarea puterii implică instalarea unor surse de putere reactivă.

Este deci normal ca la justificarea eficacității instalării unor surse de putere reactivă (în

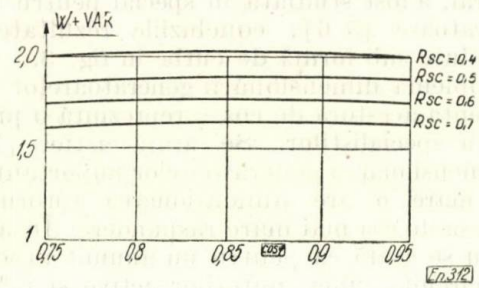


Fig. 4. Suma puterilor activă și reactivă (Cigrè — 1958 RAP, nr. 147)

condițiile în care prin aceasta se descarcă de putere reactivă generatoare ce funcționau sub un factor de putere inferior celui nominal) să se țină seama de costul de echivalare al puterii deblocate.

2.3. Vehicularea puterilor reactive între locurile de producere și centrele de consum determină pierderi de putere și energie activă (la încălzire) și consum de putere reactivă în elementele rețelei.

Vehicularea puterilor reactive limitează capacitatea de transport a liniilor electrice față de puterea activă; or, transportul energiei active este scopul esențial al construirii liniilor de transport.

Vehicularea puterilor reactive de la centrale la consumatori determină la aceștia din urmă căderi de tensiune ce înrăutățesc calitatea energiei electrice furnizate.

Există deci toate motivele să se tindă la reducerea la minim a vehiculării puterii reactive în rețele.

2.4. Instalarea surselor de putere reactivă în afara centralelor este legată de o serie de investiții în agregatele propriu-zise (compensatoare sincrone ori condensatoare statice) și în instalații anexe.

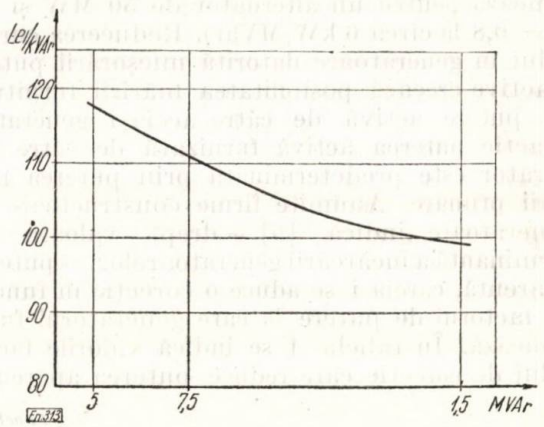


Fig. 5. Variația costului specific al compensatoarelor sincrone în funcție de puterea unitară a acestora.

În timp ce costul specific al compensatoarelor sincrone scade pe măsura creșterii puterii unitare a agregatelor (fig. 5) [9], costul specific (per kVar) al condensatoarelor este relativ independent de puterea unitară a acestora. Aceste considerente determină montarea compensatoarelor sincrone în unități mari (peste 40 MVar ele devin comparabile economic cu condensatoarele [4]) numai la mari consumatori concentrați și montarea condensatoarelor statice în fracțiuni mici direct la locurile de consum.

2.5. Funcționarea instalațiilor pentru compensarea puterii reactive determină pierderi de putere și energie activă; pierderile sînt mai mari în compensatoarele sincrone decît în condensatoare. Ele sînt de ordinul a 12,5 W/kVar la compensatoare sincrone de 60 MVar (38 W/kVar

pentru 5 MVar) și de ordinul a 3,9 kW/Var la condensatoare statice [4].

2.6. Se menționează că instalarea surselor de putere reactivă în sistemele energetice poate fi determinată și de alte necesități ale funcționării sistemelor (reglare a tensiunii, mărire a stabilității de funcționare); în acest caz determinarea oportunității instalării surselor de putere reactivă, care are loc în ultimă analiză tot pe baze economice, este legată de analizarea unor factori care depășesc cadrul prezentei lucrări.

Luarea în considerație a variației tensiunilor în sistemele energetice, legate de compensarea puterii reactive, care reprezintă o generalizare a cazului analizat în lucrarea de față, poate fi efectuată cu succes, cu ajutorul metodei analizei nodale elaborate de ing. P. Dimo [15], prin intermediul căreia se pot calcula regimurile de pierderi în sistemele energetice și care favorizează efectuarea calculelor pe mașini matematice. Această parte a problemei instalării surselor de putere reactivă va fi tratată într-un studiu ulterior.

3. Analiza situației actuale

3.1. În sistemul energetic al R.P.R. modul de acoperire a necesarului de putere reactivă a cunoscut o evoluție caracteristică sistemelor energetice în formare.

În timpul în care gradul de interconectare al sistemelor locale era foarte redus, puterea reactivă necesară consumatorilor era produsă direct de către generatoare, care aveau un factor de putere scăzut (0,8 și chiar 0,7).

În urma interconectării sistemelor locale prin rețele de 110 kV/(60 kV) s-au ivit probleme noi legate de transportul puterii reactive necesare consumatorilor și de reglarea tensiunilor. În aceste condiții s-a recurs la constrîngerea consumatorilor să-și amelioreze factorul de putere al consumului printr-un tarif preferențial în funcție de cos φ. Această măsură și-a dovedit eficacitatea, permițînd ca în decurs de circa 5 ani să se majoreze valoarea cos φ în raport cu care se aplică penalizări, de la 0,75 la 0,85. Măsurile luate de către consumatori în vederea reducerii consumului de putere reactivă din sistem au fost atît de natură tehnico-organizatorică cît mai ales montarea de baterii de condensatoare statice de joasă tensiune.

Paralel cu această acțiune, s-a trecut la producerea puterii reactive în zonele de consum concentrat, prin instalarea de compensatoare sincrone. În acest scop au fost folosite atît compensatoare sincrone de producție indigenă de 5 MVar cît și generatoare sincrone decuplate de la mașinile primare respective, care prezentau uzură fizică și morală înaintată.

Efectul acestor măsuri a fost resimțit pe întreg sistemul energetic prin reducerea circulațiilor de putere reactivă în rețele, prin ameliorarea nivelurilor tensiunii și prin mărirea factorului de putere sub care debitează în prezent centralele.

3.2. Reglementarea instalării surselor de putere reactivă (compensatoare sincrone și condensatoare) în zonele de consum a fost efectuată printr-o instrucțiune a MEEIE încă în 1955 [10] pe considerente de reducere a pierderilor de putere și energie activă în rețele.

Tratarea problemei puterii reactive ca problemă economică a reprezentat un pas pozitiv pe linia măririi eficacității economice a transportului de energie.

Modul însă în care această problemă a fost rezolvată nu mai este astăzi satisfăcător, fiind depășit de orientarea actuală în ceea ce privește determinarea eficacității economice a investițiilor.

În prezent, modalitatea de comparare din punct de vedere tehnico-economic a mai multor variante în energetică poate fi considerată stabilită [11]. Această modalitate a fost întocmită pe baza unei experiențe îndelungate și variate de proiectare și realizare a instalațiilor [12] și ține seama atît de investițiile inițiale cît și de eșalonarea în timp a investițiilor [13].

În instrucțiunea astăzi în vigoare [10], efiacitatea economică a unei instalații de compensare era apreciată după numărul de ani în care această instalație se „amortiza". „În cazul cînd numărul de ani după care instalația de compensare se amortizează este mai mic decît sau cel mult egal cu 5, compensarea este considerată rentabilă ([10] par. 6)". „Pentru calculul numărului de ani după care se amortizează instalația de compensare, se folosește formula:

$$n = \frac{C}{\beta \cdot \gamma (\Delta p_{max} - p_c) + \alpha (\Delta p_{med} - p_c) T} \qquad (1)$$

în care:

- n este numărul de ani după care instalația s-a amortizat;
- C — costul total al instalației de compensare ($C = C_1 + C_2$, C_1 — costul mașinei sau aparatului generator de energie reactivă, C_2 — costul instalațiilor anexe);
- β — coeficientul de amortisment al instalațiilor energetice;
- γ — prețul mediu al unui kW instalat prin amplificare a unei centrale existente;
- ΔP_{max} — reducerea de pierderi în rețele în momentul sarcinii active maxime în sistem (se ia $\Delta p_{max} = 1{,}2\ \Delta p_{med}$);
- Δp_{med} — reducerea medie anuală de pierderi de putere activă în sistem, datorită compensării puterii reactive;

p_c — pierderile de putere în instalația de compensare;

α — partea din prețul de cost al unui kWh la centrală, care este funcție de energia produsă;

T — numărul anual de ore de funcționare al instalației de compensare. (loc. cit. p. 4—5)

Considerînd că stabilirea necesității compensării puterii reactive într-un anumit punct al sistemului energetic reprezintă alegerea soluției optime din punct de vedere tehnico-economic între două soluții posibile (cu și fără compensare) putem aplica în acest caz noua metodică pentru calcule tehnico-economice în energetică [11].

În fiecare din cele două soluții vor apărea atît cheltuieli de investiții (I_1 și I_2) cît și cheltuieli anuale (C_1 și C_2). Comparînd soluțiile, se pot ivi următoarele situații:

Una din soluții prezintă atît cheltuieli de investiții cît și cheltuieli anuale superioare celeilalte soluții; se alege soluția cu valorile mai mici.

Una din soluții prezintă cheltuieli de investiții mai mari și cheltuieli anuale mai mici decît cealaltă soluție; soluția optimă se alege din relația:

$$n = \frac{I_1 - I_2}{C_2 - C_1} \qquad [2]$$

Dacă $n \leqslant 10$, soluția optimă este cea care prezintă cheltuieli de investiții mai mari.

Dacă $n > 10$, soluția optimă este cea care prezintă cheltuieli anuale mai mari.

În această relație, n este termenul normat de recuperare, considerat pentru ramura energeticii în medie $n = 10$ ani.*

Analizînd sub aceste aspecte formula indicată în [10] constatăm că relația (1) poate fi pusă sub forma $n = \frac{I}{C}$, I fiind investiția, iar C cheltuieli anuale.

Se observă că nu apar diferențe nici de investiții, nici de cheltuieli anuale, deoarece în soluția cu compensare nu se consideră cheltuielile anuale, iar în soluția fără compensare se neglijează investițiile de echivalare. De asemeni se consideră incorect cheltuielile anuale ale soluției fără compensare deoarece pe lîngă cheltuielile provocate de pierderile suplimentare de energie se introduce un termen ce reprezintă o cotă de amortizare anuală din costul puterii de echivalare. Considerăm că nu este necesar — — față de materialele existente azi în literatura de specialitate [11], [13], [16] — a insista mai mult spre a arăta că formula astăzi aplicată nu este fundamentată.

În anexa nr. 1 se prezintă o analiză simplificată a acestei formule, din care rezultă că relația între timpul de recuperare n și mărimea sursei de putere reactivă este de formă hiperbolică. Ca urmare, în limitele în care formula reflectă o realitate fizică ($n > 0$) economicitatea crește o dată cu creșterea puterii instalate în sursa de compensare. Această concluzie a formulei (1) este evident falsă întrucît puterea de compensare trebuie să fie într-o corelație determinată (care să prezinte o valoare optimă a acesteia) cu puterea reactivă a punctului analizat.

În cadrul instrucțiunii menționate [10], se indică un mod de calcul al diferenței de pierderi Δ_p cu ajutorul unor coeficienți: K_e — echivalentul energetic al puterii reactive și A. Analiza arată că relația:

$$p = K_e \Delta Q - A\ \Delta Q^2 \qquad (3)$$

este aplicabilă numai în cazul particular al alimentărilor radiale; în cazul rețelelor buclate, în care modificarea circulației puterilor reactive determină modificarea circulațiilor de putere activă în buclă, relația nu mai poate fi aplicată.

Se menționează că unele din aspectele depășite ale instrucțiunii nr. 58—55 a MEEIE au mai fost semnalate și de alți autori [17], [19].

4. Metoda propusă

La baza metodei ce se propune pentru calcularea efiacității compensării puterii reactive stă relația:

$$\frac{I_1 - I_2}{C_2 - C_1} = n$$

Pentru a putea compara între ele mai multe variante, se va folosi [11] relația cheltuielilor teoretice de calcul Z pentru fiecare variantă.

$$Z = p\ I + C \qquad (4)$$

în care:

p este coeficientul normat de eficacitate a investițiilor pentru o anumită ramură.

Varianta aleasă este cea care prezintă $Z =$ $=$ min.

4.1. Pentru compensarea puterii reactive consumate într-un anumit punct al sistemului energetic într-o anumită etapă (an) pot fi luate în considerare diverse soluții, care diferă între ele prin puterea de compensare și agregatele folosite. Aceste soluții urmează să se compare din punct de vedere al cheltuielilor teoretice de calcul cu soluția fără compensare. Se va adopta soluția care prezintă cheltuieli teoretice de calcul minime: Z = min.

* Coeficientul normat de eficacitate în ramura energeticii a fost considerat $p = 0{,}125$ întrucît pînă în prezent nu a fost fixată oficial o altă valoare pentru acest coeficient. [16]. Ca urmare termenul normat de recuperare $n = \frac{I}{p} = 10$ ani.

Drept an de referință pentru compararea soluțiilor (cu și fără compensare) urmează a se considera anul în care se prevede punerea în funcțiune a instalației de compensare.

4.1.1. Cheltuielile teoretice de calcul pentru soluția fără compensare trebuie să cuprindă următoarele :

a) La investiții :

— Costul puterii de echivalare a pierderilor de putere activă în elementele rețelei, în soluția fără compensare.

— Costul puterii de echivalare a pierderilor de putere reactivă în elementele rețelei în soluția fără compensare.

b) La cheltuieli anuale :

— Costul pierderilor de energie activă în elementele rețelei în regim fără compensare.

Pierderile de putere și energie se vor calcula numai pentru acele elemente ale rețelei în care, prin instalarea unei surse de putere reactivă în locul considerat, se modifică circulația puterilor.

4.1.2. Cheltuielile teoretice de calcul în soluția cu compensare trebuie să cuprindă următoarele :

a) La investiții :

— Costul puterii de echivalare a pierderilor de putere activă în elementele rețelei, în soluția cu compensare.

— Costul puterii de echivalare a pierderilor active în sursele de compensare, din care se scade costul puterii de echivalare a cotei cu care se reduc pierderile active în generatoare prin micșorarea furniturii de putere reactivă a acestora.

— Costul puterii de echivalare a pierderilor de putere reactivă în elementele rețelei, în soluția cu compensare.

— Costul de instalare a sursei de putere reactivă, din care se scade costul puterii reactive de echivalare a acestei surse.

— În cazul în care centrala care se descarcă de putere reactivă prin instalarea sursei de putere reactivă funcționează la un factor de putere inferior celui nominal, se va lua în considerare costul de echivalare a puterii active deblocate în generatoare, care va fi scăzut din costurile precedente.

b) La cheltuieli anuale :

— Costul pierderilor de energie activă în elementele rețelei, inclusiv sursa de putere reactivă, în regim cu compensare.

— Costurile anuale de exploatare, întreținere, reparații și amortizări ale surselor de putere reactivă (compensatoare sincrone și condensatoare statice).

Toate valorile ce intră în relațiile de mai sus se calculează în funcție de circulația puterilor în rețea. Circulația de puteri ce urmează a fi considerată este cea din anul în care instalația de compensare este pusă în funcțiune.

4.2. Dacă valoarea cheltuielilor teoretice de calcul minime corespunde soluției fără compensare (Z_f), rezultă că pentru punctul și etapa dată, compensarea nu își găsește justificare economică.

În celelalte cazuri, în care soluțiile cu compensare (sau parte dintre ele) prezintă cheltuieli teoretice de calcul (Z_c) mai mici decît soluția fără compensare ($Z_c < Z_f$), se observă că soluția adoptată va prezenta raportul : $K = \frac{Z_c}{Z_f} =$ = minimum.

Compensarea puterii reactive este justificată numai dacă $K \leqslant 1$.

În cazul în care compensarea puterii reactive se justifică într-un anumit punct (pentru un consum și o configurație de rețea dată), se poate demonstra (anexa 2) că relația $K = min$ are loc pentru o singură valoare a puterii reactive de compensare, care va fi denumită putere optimă de compensare (Q_{opt})

Relația $Q = f(K)$ este de forma :

$$K = AQ^2 + BQ + 1 \qquad (5)$$

Valoarea $K = \min$ corespunde unei valori a lui Q :

$$Q_{opt} = -\frac{B}{2A} \qquad (6)$$

în care A și B sînt constante explicitate în anexa 2.

Pentru studiul efectuat interesează numai un anumit domeniu de existență al ecuației (5). Prin ipoteze s-a considerat că :

$$\text{a) } K = \frac{Z_c}{Z_f} \leqslant 1$$

$$\text{b) } Z_c > 0\,;\; Z_f > 0$$

Deci $K > 0$.

c) Puterea de compensare este produsă ($Q > 0$).

Față de aceste ipoteze domeniul în care ecuația de mai sus prezintă interes practic a fost delimitat în fig. 6 (partea nehașurată).

4.3. Faptul că într-un anumit punct compensarea puterii reactive se justifică în anul punerii în funcțiune, înseamnă că investițiile făcute în instalația respectivă vor avea chiar din primul an de funcționare o eficacitate economică superioară mediei eficacității economice a investițiilor pe ramură.

Aceasta de altfel este condiția care a determinat alegerea anului de punere în funcțiune ca an de referire pentru calculul eficacității economice a compensării puterii reactive.

Dimensionarea instalațiilor pentru un an ulterior anului de punere în funcțiune a instalației de compensare este în general eronată deoarece poate conduce la termene de recu-

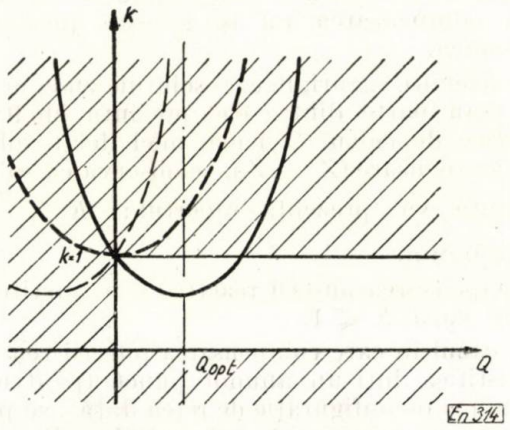


Fig. 6. Variația raportului $k = \frac{Z_g}{Z_F}$ în funcție de puterea reactivă compensată Q.

perare a diferențelor de investiții superioare termenului normat. De exemplu, luînd drept an de referință al cincilea an de la punerea în funcțiune, calculul poate arăta un termen de recuperare inferior celui normat. Cu toate acestea, calculul nu poate da nici un indiciu asupra eficacității economice a investițiilor în primii 4 ani, care se poate afla sub media efiacității investițiilor pe ramură. Or, în acest caz, în drimii ani nu este economic indicată investirea

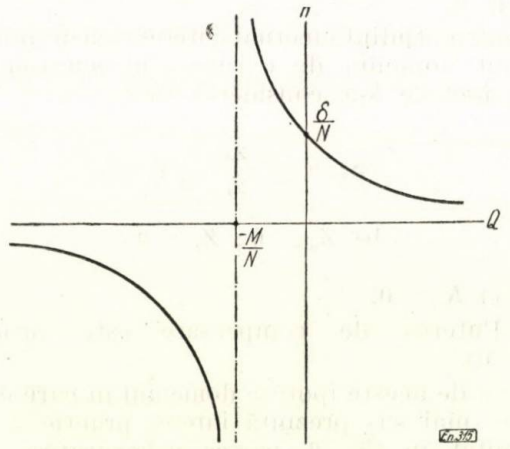


Fig. 7. Relația între n și Q după formula prevăzută în Instr. MEEIE nr. 58—55.

unor sume în instalația examinată, acestea putînd fi dirijate spre alte obiective care asigură cel puțin media efiacității investițiilor pe ramură.

5. Concluzii

Instalarea surselor de putere reactivă în sistemele energetice este o problemă economică care trebuie să fie rezolvată prin calcule tehnico-economice. La baza acestora se află metoda cheltuielilor teoretice de calcul.

În prezenta lucrare se analizează determinarea efiacității economice a instalării surselor de putere reactivă, prin reducerea pierderilor de putere și energie în rețele.

De asemeni se determină valoarea optimă a puterii reactive de compensare într-un anumit punct al sistemului energetic și pentru un regim stabilit.

Metoda propusă a fost aplicată cu succes în ultimii doi ani în lucrările elaboate de ISPE privind compensarea puterii reactive.

Anexa I

Analiza formulei stabilită în instr. nr. 58 — 55 pentru determinarea „numărului de ani după care se amortizează instalația de compensare"

A.1.1. Formula analizată este :

$$n = \frac{C}{\beta \cdot \gamma \, (\Delta p_{max} - p_c) + \alpha (\Delta p_{med} - p_c) \, T} \qquad (1)$$

Semnificația termenilor este prezentată în cursul articolului.

Parte din termenii cuprinși în formula (1) pot fi exprimați în primă aproximare în funcție de puterea instalată în sursa de compensare, Q.

$$C = \delta . Q \qquad (7)$$

δ — costul specific (lei/kVar) al instalației de compensare

$$p_c = K_1 \, Q \qquad (8)$$

K_1 — pierderi specifice (kW/kVar) în instalația de compensare

A.1.2. Calculul valorilor pierderilor globale de putere se efectuează după relația :

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n} \frac{P_i^2 + Q_i^2}{U_i^2} R_i' \qquad (9)$$

în care toate valorile se referă la un anumit element i.

P_i și Q_i — puterea activă și respectiv reactivă ce circulă prin elementul i ;

U_i — tensiunea medie a elementului i ;

R_i' — rezistența absolută a elementului i la tensiunea U_i.

În calcule se consideră numai acele elemente a căror circulație de puteri se modifică prin apariția instalației de compensare.

Pentru simplificarea calculelor se consideră util a reduce toate rezistențele elementelor la o anumită tensiune U, după relația :

$$R_i = \frac{U^2}{U_i^2} R_i' \qquad (10)$$

În acest caz relația (9) devine :

$$\Delta P = \frac{1}{U^2} \sum_{i=1}^{n} (P_i^2 + Q_i^2) \, R_i \qquad (9\,a)$$

În sfîrșit, spre a ține seama de pierderile ce au loc în diversele elemente la vehicularea puterii ΔP, se consideră un coeficient k_p, astfel că relația de mai sus devine :

$$\Delta P = \frac{k_p}{U^2} \sum_{i=1}^{n} (P_i^2 + Q_i^2) \, R_i \qquad (9\,b)$$

În regim fără compensare pierderile de putere se stabilesc după aceste relaţii. Deci :

$$\Delta P_f = \frac{k_p}{U^2} \sum_{i=1}^{n} (P_i^2 + Q_i^2)\, R_i \qquad (11)$$

În regim cu compensare pierderile de putere vor fi

$$\Delta P_{cu} = \frac{k_p}{U^2} \sum (P_i + \eta_i\, p_{cu})^2 + (Q_i - Q\, \eta_i)^2\, R_i \qquad (12)$$

Transformînd aceste relaţii, obţinem :

$$\Delta P_{cu} = \frac{k_p}{U^2} [Q^2 (k_1^2 + 1) \sum \eta_i^2\, R_i + 2\, Q \sum (k_1 P_i - Q_i)\, \eta_i\, R_i + \sum (P_i^2 + Q_i^2)\, R_i \,] \qquad (13)$$

Notînd :

$$F = \frac{k_p (k_1^2 + 1)}{U^2} \sum \eta_i^2\, R_i \,;\; G = \frac{k_p}{U^2} \sum (k_1 P_i - Q_i) \eta_i\, R_i$$

transcriem ecuaţia sub forma :

$$\Delta P_{cu} = F\, Q^2 + 2\, G\, Q + \Delta P_f \qquad (14)$$

$$\Delta P_{max} = \Delta P_{cu} - \Delta P_f = F\, Q^2 + 2\, G\, Q \qquad (15)$$

Sub altă formă formula (1) se prezintă (ţinînd seama că $\Delta P_{max} = 1{,}2\ \Delta P_{med}$) :

$$n = \frac{C}{\Delta p_{max} \left(\beta \cdot \gamma + \frac{\alpha\, T}{1{,}2} \right) - p_c\, (\beta\, \gamma + \alpha\, T)} \qquad (1\ a)$$

Înlocuind pe C, p_c şi Δp_{max} conform (7), (8) şi (15), în (1 *a*), obţinem după simplificări :

$$n = \frac{\delta}{\left[F \left(\beta \cdot \gamma + \frac{\alpha T}{1{,}2} \right) \right] Q + \left[2\, G \left(\beta\, \gamma + \frac{\alpha\, T}{1{,}2} \right) - K_1 (\beta \gamma + \alpha T) \right]} \qquad (16)$$

Notînd :

$$\left.\begin{aligned} F \left(\beta \gamma + \frac{\alpha\, T}{1{,}2} \right) &= M \\ 2\, G \left(\beta\, \gamma + \frac{\alpha\, T}{1{,}2} \right) - K_1\, (\beta \gamma + \alpha\, T) &= N \end{aligned}\right\} \qquad (17)$$

formula (16) devine :

$$n = \frac{\delta}{M\, Q + N} \qquad (16\ a)$$

Relaţia (16 *a*) reprezintă o hiperbolă echilateră (fig. 7).

A.1.3. Pentru ca relaţia (1) să reprezinte o realitate fizică este necesar ca $n > 0$. Pentru aceasta este necesar ca numitorul relaţiei să fie mai mare decît zero.

Din această condiţie rezultă că :

$$\Delta P_{max} > p_c \cdot \frac{\beta\, \gamma + \alpha\, T}{\beta\, \gamma + \frac{\alpha\, T}{1{,}2}} \qquad (18)$$

Înlocuind valorile β, γ, α, T cu cele indicate în instrucţiunea menţionată, se obţine : $\Delta P_{max} > 1{,}24\ p_c$.

Calculul valorii optime a puterii de compensare într-un punct alimentat printr-o reţea radială ramificată

A.2.1. Reţeaua de alimentare conţine atît surse cît şi consumatori.

Se iau în considerare sursele cele mai apropiate, de putere mare, a căror putere reactivă se reduce prin apariţia instalaţiei de compensare.

Apariţia instalaţiei de compensare modifică circulaţia puterilor reactive în reţea : puterile reactive în fiecare ramură se reduc în general într-o anumită măsură. Măsura în care aceste circulaţii se reduc depinde de premizele de la care se pleacă pentru determinarea circulaţiilor de putere reactivă. Dacă se pleacă de la premiza că excitaţia maşinilor înainte şi după compensare rămîne constantă, puterile reactive în fiecare ramură se vor reduce cu cantităţi proporţionale unor coeficienţi de repartiţie η_i, aceiaşi cu cei utilizaţi la repartiţia curenţilor în calculele de scurtcircuit.

Dacă însă se pleacă de la premiza reducerii maxime a pierderilor în reţele, se consideră că se descarcă nu centralele cele mai apropiate, ci cele mai depărtate care debitează către punctul compensat. În acest caz se presupune că excitaţia generatoarelor se schimbă, astfel ca debitul de putere reactivă să corespundă condiţiei minimului de pierderi, iar coeficienţii de repartiţie η_i se stabilesc în funcţie de condiţia propusă.

În calcul se consideră că în regimul fără compensare generatoarele funcţionează sub un factor de putere apropiat de cel nominal.

A.2.2. Valorile cheltuielilor teoretice de calcul în soluţia fără compensare (Z_f) şi în soluţia cu compensare (Z_{cu}) sînt stabilite conform par. 4.1.

$$Z_f = p\, I_f + C_f \qquad (4\ a)$$

$$Z_{cu} = p\, I_{cu} + C_{cu} \qquad (4\ b)$$

I_f şi I_{cu} — investiţii în soluţia fără şi respectiv cu compensare.

C_f şi C_{cu} — cheltuieli anuale în soluţia fără şi respectiv cu compensare

$$I_f = \gamma \Delta P_f + \sigma\, \Delta Q_f \qquad (19)$$

ΔP_f şi ΔQ_f — pierderile maxime de putere activă şi respectiv reactivă în soluţia fără compensare.

γ — costul de echivalare a puterii active, lei/kW

σ — costul de echivalare a puterii reactive, — lei/kVar

$$C_f = \alpha\, \Delta P_f\, \tau \qquad (20)$$

α — costul energiei active consumate ca pierderi în reţea.

τ — timpul de utilizare a maximului de pierderi pe linii.

$$I_{cu} = \gamma\, \Delta P_{cu} + \gamma\, (p_{cu} - \Delta P_{gen}) + \sigma \Delta Q_{cu} + Q\, (\delta - \sigma) \qquad (21)$$

ΔP_{cu} şi ΔQ_{cu} — pierderile maxime de putere activă şi respectiv reactivă, în soluţia cu compensare.

p_{cu} — pierderile de putere activă în instalaţia de compensare.

ΔP_{gen} — reducerea pierderilor de putere activă în generatoare prin descărcarea acestora de putere reactivă.

Q — puterea instalaţiei de compensare.

δ — costul specific al instalaţiei de compensare.

În primă aproximaţie se poate considera că atît p_{cu} cît şi ΔP_{gen} sînt valori proporţionale puterii de compensare :

$$p_{cu} = K_1\, Q \,; \quad \Delta P_{gen} = K_2 Q$$

$$C_{cu} = \alpha [\Delta P_{cu}\, \tau + (p_{cu} - \Delta P_{gen})\, T] + \nu\, \delta Q \qquad (22)$$

T — timpul de utilizare a instalaţiei de compensare, ore/an ;

ν — coeficient global ce ţine seama de amortizări, cheltuieli de exploatare, întreţinere şi reparaţii.

A.2.3. Calculul pierderilor de putere activă este prezentat în **A.1.2.**

În mod analog expresia pierderilor de putere reactivă este

$$\Delta Q_{cu} = F' Q^2 + 2\ G'\ Q + \Delta Q_f. \qquad (23)$$

în care

$$F' = \frac{K_p\,(k_1^2 + 1)}{U^2} \sum \eta_i^2 X_i\,;$$

$$G' = \frac{K_p}{U^2} \sum k_1 P_i - Q_i)\ \eta_i X_i$$

A.2.4. Înlociund valorile astfel obţinute în relaţiile (4 *a*) şi (4 *b*) obţinem :

$$Z_f = p\cdot\gamma\cdot\Delta P_f + p\cdot\sigma\cdot\Delta Q_f + \alpha\,\tau\,\Delta P_f = (p\,\gamma + \alpha\cdot\tau)\,\Delta P_f + \\ + p\cdot\sigma\cdot\Delta O_f$$

Se consideră :

$$p\,\gamma + \alpha.\tau = a\,;\quad p\sigma = b$$

Se obţine :

$$Z_f = a.\Delta P_f + b.\Delta Q_f \qquad (24)$$

$$Z_{cu} = p\cdot\gamma\cdot\Delta P_{cu} + p\,\gamma\,(k_1 - k_2)\ Q + p\cdot\sigma\cdot\Delta Q_{cu} +$$

$$+ pQ\ (\delta - \sigma) + \alpha\cdot\tau\ \Delta P_{cu} + \alpha\cdot T\ (k_1 - k_2)\ Q + \nu\,\delta\,Q$$

$$Z_{cu} = a\cdot\Delta\,P_{cu} + b\cdot\Delta\,Q_{cu} + Q\ [(p\cdot\gamma + \alpha\,T)\,(k_1 - k_2) + \\ + p\,(\delta - \sigma) + \nu\,\delta]$$

Se consideră :

$$(p\cdot\gamma + \alpha\cdot T)\ (k_1 - k_2) + p\ (\delta - \sigma) + \nu\,\delta = c$$

Se obţine :

$$Z_{cu} = a\cdot\Delta P_{cu} + b\cdot\Delta Q_{cu} + c\,Q = Q^2(a\,F + b\,F') + \\ + Q\ (2\ a\,G + 2\ b\,G' + c) + Z_f \qquad (25)$$

$$aF + bF' = AZ_f\,;\ 2\ aG + 2\ bG' + c = BZ_f$$

Deci

$$Z_{cu} = Q^2\ AZ_f + Q\ BZ_f + Z_f \qquad (26)$$

Determinăm valoarea raportului $K = \dfrac{Z_{cu}}{Z_f}$

$$K = \frac{Q^2\cdot AZ_f + Q\ B\,Z_f + Z_f}{Z_f} = AQ^2 + BQ + 1 \qquad (5)$$

De aci, prin derivare :

$$K' = 2\ AQ + B$$

Punînd condiţia $K' = O$, obţinem :

$$Q_{opt} = -\frac{B}{2\,A} \qquad (6)$$

Înlocuind toţi termenii prin valorile lor şi ţinînd seama de semne, obţinem :

$$Q_{opt} = \frac{(p\gamma + \alpha\cdot\tau)\ \Sigma\ Q_i\eta_i\ R_i + p\sigma\ \Sigma\ Q_i\eta_i X_i - k_1\,[(p\gamma + \alpha\,\tau)\ \Sigma\ P_i\eta_i\ R_i + p\sigma\ \Sigma\ P_i\ \eta_i\ X_i]}{(k_1^2 + 1)\,[(p\gamma + \alpha\,\tau)\,\Sigma\,\eta_i^2\,R_i + p\sigma\ \Sigma\ \eta_i^2\ X_i]} -$$

$$- \frac{U^2\ [(p\gamma + \alpha\cdot T)\ [(k_1 - k_2) + \delta\,(p + \nu) - p\,\sigma]}{k_p\,2\,(k_1^2 + 1)\ [(p\gamma + \alpha\cdot\tau)\ \Sigma\,\eta_i^2 R_i + p\,\sigma\,\Sigma\,\eta_i^2\,X_i} \qquad (27)$$

Bibliografie

[1]. CIGRÉ — 1958 — *Raport nr. 147 — Discuţii* — Vol. I, p. 146—153.

[2]. CIGRÉ — 1958 — *Raport nr. 140 — Discuţii* — Vol. I, p. 551—558.

[3]. I. M. Postnikov — *Proiectarea maşinilor electrice* E.E.S. 1953 — trad. din limba rusă.

[4]. CIGRÉ — 1958 — Lehmhaus F. *Raport nr. 140 : Stabilirea planului exploatării marilor baterii de condensatoare ; raport al Comitetului de studii nr. 18 : — Condensatoare* — Vol. II, Grupa 17.

]5]. B.B.C. — *Catalog pentru turbogeneratoare* — 1936.

[6]. Chatelain, J. *Repercusiuni economice asupra alegerii parametrilor electrici.* În : Bull. ASE 1960, nr. 7, p. 347.

[7]. CIGRÉ — 1958 — Duréault M., Letrilliart P., Valentin A. — *Raport nr. 147 — Posibilităţi şi avantaje ale turboalternatoarelor cu răcire activată* vol. II — — grupa 11.

[8]. Cain B. M., Harington, D. *Construcţia şi caracteristicile turbogeneratoărelor puternice moderne.* Power Apparatus and Systems 1956, nr. 25, p. 633—646. Trad. în limba rusă în „Generatoare sincrone moderne III", 1958.

[9]. *Indrumar electrotehnic* ; Moscova — 1955 — vol. I.

]10]. MEEIE — Dir. Gen. Tehnică — *Instrucţiuni pentru determinarea eficacităţii compensării puterii reactive.* (Instr. nr. 58—55). Ed. Energetică de Stat 1955.

[11]. *Indicaţiuni metodice de bază pentru calculele tehnico-economice în energetică.* În : Electricestvo, nr. 10, 1959, p. 72—75.

[12]. Siromiatnicov I. A. *Alegerea parametrilor energetici ai utilajului electric şi ai acţionărilor electrice cu considerarea sistemului energetic.* În : Electricestvo, nr. 10, 1959, p. 1.

[13]. Vaag L. A., Zaharov S. N., *Considerarea nesimultaneităţii investiţiilor şi cheltuielilor curente la compararea variantelor în construcţiile energetice.* În : Electricestvo, nr. 10, 1959, p. 8.

[14]. Grudinski, P. G., Litvak L. V., Siromiatnicov, I. A. *Proiect de directive pentru creşterea factorului de putere în instalaţiile consumatorilor de energie electrică.* În : Promîşlenaia Energhetika nr. 2—3, 1960.

[15]. Dimo, Paul. *Formula pierderilor şi „optimizările de scheme şi regimuri" pe un drum nou prin aplicarea „analizei nodale" cu imagini reprezentative.* În : Energetica 10 (1962) nr. 6.

[16]. Negus, I., Goldenberg, C. *Criterii şi o formulă generală de calcul pentru stabilirea soluţiilor optime din punct de vedere tehnico-economic, în cadrul ramurii energetice.* În : Energetica **8**, nr. 9, 1960 p. 387 — 395.

[17]. Vladimir, N. *Unele precizări relative la definirea echivalentului energetic al puterii reactive în cazul utilizării condensatoarelor statice.* Energetica 9, nr. 3, (1961) p. 106—110.

[18]. Mihăileanu C. *Observaţii cu privire la lucrarea tov. ing. Vladimir N.* În : Energetica 9 (1961), nr. 2, p. 110 — 114.

[19]. Arie, E. *Considerarea investiţiilor din centrale în calculul eficacităţii compensării puterii reactive.* În: Energetica 9, (1961), nr. 11.

Pompele de alimentare în centralele de mare putere

CONSTANȚA TRIFU* — București

Caracteristică pentru etapa actuală de dezvoltare a centralelor electrice este creșterea parametrilor inițiali ai aburului, creșterea puterii unitare a grupurilor turbogeneratoare și cazanelor și trecerea spre schemele termice bloc. Acești factori influențează în mare măsură echipamentul auxiliar.

Din tabela 1 se observă că odată cu creșterea puterii unitare a blocurilor și a parametrilor aburului, crește puterea pompelor de alimentare ajungînd pînă la 7—8% din puterea blocului.

Tabela 1

1. Presiunea inițială a aburului, ata	130	200	300	350	400
2. Puterea de lucru a blocului (Tg), MW	200	250	300	400	450
3. Puterea de lucru a pompelor de alimentare pe bloc, MW	5 ; 9,8 ; 14,4 ; 24,8 ; 34,5				
4. Idem, în % pe bloc	2,5 ; 3,9 ; 4,8 ; 6,7 ; 7,7				

Acționarea pompelor de alimentare cu electromotoare devine dificilă din cauza puterilor mari și a turațiilor mari necesare. În cazul acționării electrice agregatul de pompare s-ar compune dintr-un motor puternic de turație scăzută, un amplificator de turație, un cuplaj hidraulic pentru reglare și pompa propriu-zisă. Pornirea motoarelor electrice mari este dificilă. Electromotoarele cu puteri mai mari de 2 000 kW s-au dovedit a nu fi suficient de sigure în funcționare și prin defectarea lor împiedică funcționarea normală a centralei. Pentru înlăturarea acestor dificultăți, s-au căutat alte surse de acționare și posibilități de cuplare a pompelor de alimentare în schema termică. Soluțiile propuse ar fi următoarele :

1. Cuplarea pompei de alimentare cu axul turboagregatului de bază :

2. Pompe de alimentare în mai multe trepte, avînd între ele preîncălzitoare :

3. Pompe de alimentare în trepte fără intercalarea preîncălzitoarelor :

4. Acționarea pompelor de alimentare cu turbine cu abur sau turbine cu gaze, în funcție de fluidul de acționare din centrala respectivă.

În studiul de față se tratează mai pe larg punctul 4, celelalte atingîndu-se numai tangențial.

Soluția 1. Antrenarea pompei de alimentare de către turboagregat este relativ nouă în concepția centralelor electrice și prezintă următoarele avantaje :

1. Investiții mai reduse, întrucît lipsesc electromotorul, transformatorul etc.

2. Randament ridicat.

3. Puterea generatorului mai mică (decît în cazul pompelor de alimentare electrice) sau putere electrică disponibilă mai mare.

4. Pompa devine elementul agregatului.

Cuplarea directă a pompei cu turbogeneratorul este rațională în cazul centralelor electrice de condensație, în care sarcina termică, practic, nu variază. În acest caz, agregatul de pompare se compune dintr-o pompă lentă cu turație sincronă cu multe trepte sau o pompă rapidă și un amplificator de turație.

Agregatul se complică sensibil în cazul grupurilor de termoficare, unde predomină sarcina variabilă. În acest caz, pentru urmărirea variației sarcinii termice este necesară montarea unei cuple hidarulice.

Dezavantaje

1. Nu este rațională montarea pe același ax a două mașini, dintre care una, pompă cu turație mare și variabilă, iar a doua, generator lent cu turație constantă.

2. Lungimea turboagregatului principal crește mult.

3. Pompa de acționare a cazanului trebuie instalată la aceeași înălțime cu turboagregatul, din care cauză rezervorul degazorului va trebui ridicat în mod corespunzător, sau trebuie montate pompe auxiliare cu acționarea specială.

Schema termică a centralei rămîne aceeași ca în cazul electropompelor.

Antrenarea directă a pompei de la arborele turboagregatului este mult folosită în marele centrale din S.U.A., de exemplu Astoria, Bergen etc.

Pe lîngă pompa principală de alimentare, trebuie să existe o electropompă de pornire și rezervă pentru un debit de 50%.

Soluțiile 2 și 3. Adesea, pentru realizarea unei puteri mai mici pentru electromotor se face o pompare în trepte. Exemplul CET Philo (S.U.A.) cu grupuri de 125 MW la presiunea 315 ata. Acestea sînt cazuri izolate și nu le vom dezvolta.

În schemele termice fără degazor se folosesc adesea pompe de alimentare precedate de pompe buster, cu scopul de a micșora diferența de presiune preluată de pompele principale de alimentare și a evita fenomenul de cavitație.

Soluția 4. Acționarea pompelor de alimentare cu turbine cu abur.

Inconvenientul principal al pompelor de alimentare acționate electric, pentru cazul marilor unități, este imposibilitatea de a prelua în mod economic variația de sarcină pe cazan.

Atît în cazul acționării directe a pompelor de alimentare de la arborele turboagregatului, cît

* C. Trifu este inginer proiectant principal la ISPE.

și în cazul antrenării lor cu electromotoare (cu turație constantă) asistăm la un regalj calitativ. Urmărirea variației sarcinii termice se face prin laminarea apei de alimentare în regulatorul de alimentare. Diferențele mari de presiune în armătură provoacă uzura ei rapidă.

Pentru centralele cu presiuni înalte și supraînalte, o funcționare economică și sigură a alimentării cu apă poate fi asigurată numai prin pompe cu turație variabilă. În acest scop pompele electrice sînt dotate cu cuple hidraulice, ceea ce permite micșorarea laminajului din armături. Totuși, chiar la regimul de bază, în cupla hidraulică se pierde aproape 3% din puterea totală și pierderile cresc proporțional cu variația turației. În mod corespunzător se micșorează randamentul total al instalației de pompare.

În Occident se preconizează o largă folosire a cuplelor hidraulice, mai ales în cazul pompelor cuplate direct la turboagregat, întrucît această metodă a dat rezultate bune în exploatare (exemplul centralelor Huntington Beach și Alamitos).

O soluție satisfăcătoare pentru acționarea pompelor de alimentare este folosirea turbinelor. Turbinele de acționare măresc economicitatea funcționării instalației de pompare, prin funcționarea cu turații variabile.

Pentru funcționarea rațională și permanentă a turbopompelor, trebuie îndeplinite următoarele condiții:

În funcționarea turbinei de acționare, aburul destins trebuie să fie utilizat în schema termică a blocului.

Pentru ca acționarea cu turbină să fie economică trebuie satisfăcută inegalitatea:

$$\eta_{ir}^{ta} \cdot \eta_m^{ta} > \eta_{ir}\eta_g\eta_m\eta_{tc}\eta_{mc}\eta_t\eta_h \frac{Nt}{Ne} \times \frac{Ha}{H_a^{ta}} \qquad (1)$$

unde: η_{ir}^{ta} și η_m^{ta} — randamentul intern și mecanic al turbinei de acționare ($\eta_m = 0{,}96 \div 0{,}985$);

η_m — randamentul mecanic al turbinei de bază (0,98—0,995);

η_g — randamentul generatorului (0,96—0,975);

η_{ir} — randamentul intern al părții din turbina principală care lucrează în același interval de presiune ca turbina de acționare;

η_{tc} — randamentul transmisiei electrice, inslusiv transformatorul (0,97 ÷ 0,98);

η_{mc} — randamentul motorului electric, ținînd seama de puterea și încărcarea lui (0,91÷0,94);

η_t — randamentul multiplicatorului de turație între motor și pompă (0,96÷0,975);

η_h — randamentul transmisiei hidraulice:

$$\eta_h = 0{,}97 \frac{n}{n_0}$$

unde: n — numărul real de rotații al pompei;

n_0 — numărul nominal de rotații al pompei;

N_e și N_t — puterea pompei în cazul acționării electrice, respectiv cu turbina;

H_a^{ta} și Ha — căderea adiabatică a aburului ce intră în turbina de acționare și a aceluiaș abur dacă ar lucra în turbina de bază.

Pentru $\frac{n}{n_0} = 0{,}88 \div 0{,}95$ corespunde $\eta_h = 0{,}85-0{,}92$.

Pentru cazul funcționării fără cuplaj hidraulic, $\frac{N_t}{N_e} = 0{,}8 \div 0{,}88$.

Depedența între raportul $\frac{N_t}{N_e}$ și sarcina pompei este dată în figura 1.

Prin substituirea valorilor randamentelor parțiale în inegalitatea (1), vom obține:

a) pentru cazul reglării sarcinii termice prin cuplă hidraulică

$$\eta_{ir}^{ta} \geqslant 0{,}815\ \eta_{ir} \qquad (2)$$

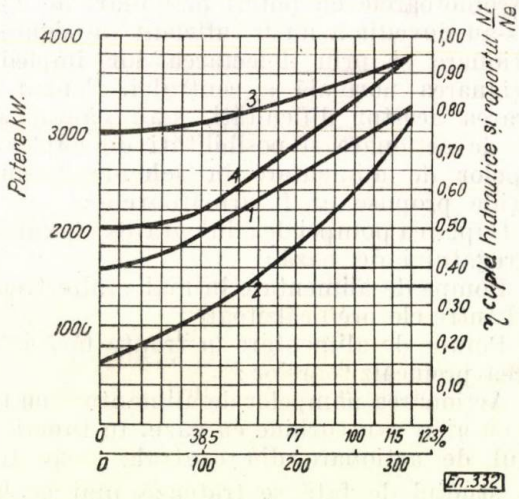


Fig. 1. Variația puterii pompei tip OSPT-320 pentru diferitele metode de reglare:

1 — puterea pompei cu reglare prin laminare; *2* — puterea pompei cu reglare prin schimbarea turației; *3* — η cuplei hidraulice la funcționarea pompei după caracteristica rețelei; *4* — raportul puterii pompei Nt/Ne la diferite mijloace de reglare.

b) pentru cazul reglării sarcinii termice prin laminare

$$\eta_{ir}^{ta} \geqslant 0{,}76.\ \eta_{ir}$$

Pentru cele mai bune turbine proiectate și executate pînă în prezent, randamentul intern pentru diversele regiuni se găsește în limitele 0,82÷0,91 corespunzîndu-i randamentul rațional al turbinei de acționare de 0,67÷0,74.

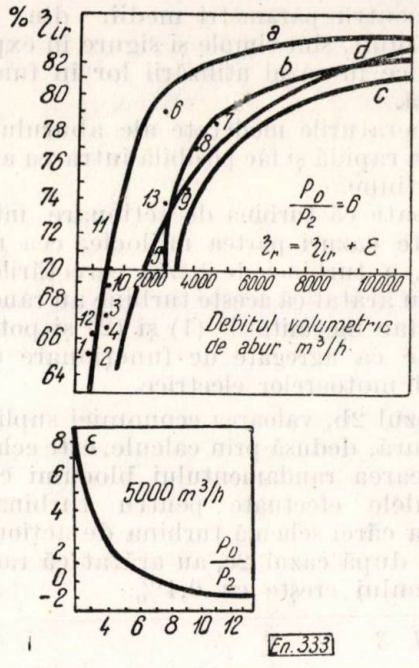


Fig. 2. $\eta_{ir} = \eta_i$ intern al turbinei cu contrapresiune. Curbele *a*, *b*, *c* sînt construite pentru 6 000; 3 600; 3 000 rot/min, curba *d* pentru 3 000 rot/min.

După datele din literatura tehnică, turbinele cu turație mare cu contrapresiune, proiectate pentru debite de abur corespunzătoare puterilor pompelor actuale de alimentare și executate ca turbine normale cu trepte de presiune, pentru parametri medii ai aburului pot avea randamentul intern

$$\eta_{ir}^{ta} = 0{,}72 - 0{,}82 \text{ (fig. 2).}$$

Încercările făcute pe turbinele de acționare ce funcționează în centralele din U.R.S.S. arată că acestea au randamente interioare mai ridicate decît cele minimale necesare pentru asigurarea funcționării lor economice (în funcționarea continuă).

Se demonstrează deci că metoda acționării pompelor de alimentare prin turbine, la centralele electrice mari, ridică economicitatea termică a instalațiilor.

Posibilitățile de conectare a turbopompelor de alimentare în schema termică

1. Conectarea turbinei de acționare a pompei de alimentare la bara de abur viu din centrală.

2. Conectarea turbinei de acționare în paralel cu partea de medie presiune a turbinei de bază.

3. Conectarea turbinei de acționare în paralel cu partea de joasă presiune, aburul de intrare avînd maximum 4÷5 ata.

4. Alimentarea turbinei de acționare cu tot aburul derivat după partea de înaltă presiune

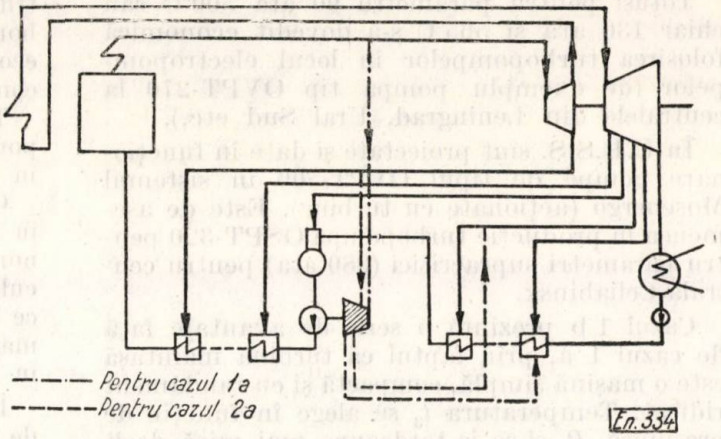


Fig. 3.

a turbinei de bază, înainte ca acesta să meargă la supraîncălzirea intermediară.

Vom descrie ceva mai pe larg aceste cazuri de conectare a turbinei de acționare în schema termică.

Cazul 1

Pentru cazul conectării turbinei de acționare la bara de abur viu se disting două posibilități, și anume:

C a z u l 1a: alimentarea turbinei din conducta principală de abur, care merge la turbina principală, printr-o derivație conform schemei din fig. 3.

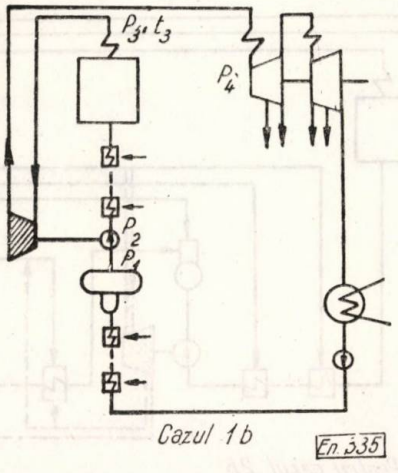


Fig. 4.

C a z u l 1b: acționarea pompei de alimentare printr-o turbină înaintașă conform schemei din figura 4.

— Conectarea turbinelor de acționare a pompelor de alimentare la bara de abur viu de la

cazan (cazul 1a) nu este soluția cea mai bună, întrucît pe măsura creșterii parametrilor se complică și se scumpește construcția turbinei, iar randamentul ei scade în unele cazuri sub minimum admisibil.

— Pornirea lor este mai greoaie.

Totuși pentru parametrii 90 ata 500°C sau chiar 130 ata și 565°C s-a dovedit economică folosirea turbopompelor în locul electropompelor (de exemplu pompa tip OVPT-270 la centralele din Leningrad, Ural Sud etc.).

În U.R.S.S. sînt proiectate și date în funcționare pompe de tipul OVPT-500 în sistemul Mosenergo (acționate cu turbine). Este de asemenea în producție turbopompa OSPT-320 pentru parametri supracritici (280 ata) pentru centrala Celiabinsk.

Cazul 1 b prezintă o serie de avantaje față de cazul 1 a, prin faptul că turbina înaintașă este o mașină simplă, compactă și cu randament ridicat. Temperatura t_3 se alege în funcție de presiunea P_3 și se ia totdeauna mai mică decît temperatura supraîncălzirilor intermediare. Realizarea unui ciclu termic cu două—trei supraîncălziri ridică mult randamentul centralei.

Cazul 2

În cazul conectării turbinei de acționare în paralel cu partea de medie presiune a turbinei de bază se cunosc următoarele scheme :

Cazul 2a : turbina de acționare se proiectează cu una sau două prize regenerative și contrapresiune.

Cazul 2b : turbina de acționare este o turbină simplă cu contrapresiune.

Aburul destins pînă la contrapresiune poate fi dirijat într-un preîncălzitor regenerativ sau

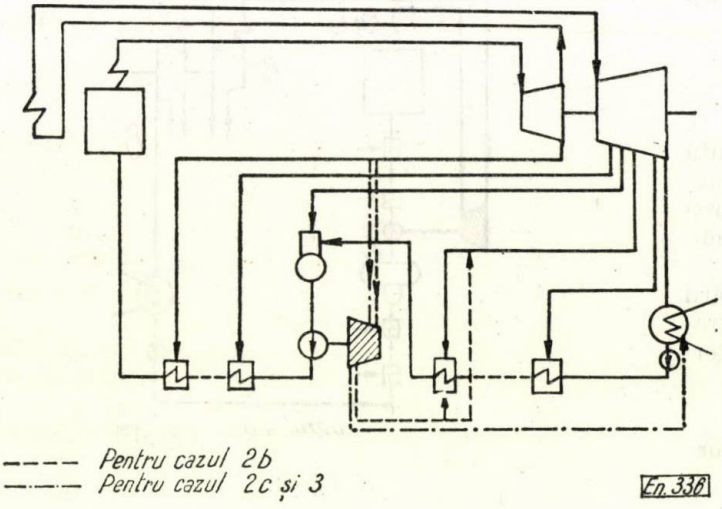


Fig. 5.

condus din nou în cilindrul de joasă presiune al turbinei de bază ; se întîlnesc adesea combinate aceste două posibilități.

Cazul 2c : turbina de acționare prelucrează aburul extras din turbina de bază după cilindrul de înaltă presiune pînă la un vid avansat. Aburul destins este trimis fie în condensatorul turbinei de bază, fie într-un condensator propriu.

În cazurile de mai sus, turbinele sînt construite pentru parametri medii, din oțel-carbon obișnuit, sînt simple și sigure în exploatare, economice în cazul utilizării lor în funcționare continuă.

Temperaturile moderate ale aburului permit pornirea rapidă și fac posibilă intrarea automată în funcțiune.

Cu toate că turbina de acționare înlocuiește în aceste cazuri partea mijlocie, cea mai economică, a turbinei de bază, cercetările și calculele au arătat că aceste turbine au randamente ce satisfac inegalitățile (1) și (2) și pot fi recomandate ca agregate de funcționare continuă în locul motoarelor electrice.

În cazul 2b, valoarea economiei suplimentare de căldură, dedusă prin calcule, este echivalentă cu ridicarea randamentului blocului cu 0,7%.

Calculele efectuate pentru turbina PVK-150, în a cărei schemă turbina de acționare este cuplată după cazul 2c, au arătat că randamentul blocului crește cu 0,4%.

Cazul 3

Conectarea turbinei de acționare în paralel cu partea de joasă presiune a turbinei de bază conduce la următoarele :

— realizarea unei turbine la presiune joasă (4÷6 ata) cu debit volumetric mare, cu trepte puține și randament bun.

— turbina de acționare înlocuiește partea de la urmă, cea mai puțin economică a turbinei de bază, și coboară astfel substanțial pierderile de ieșire ale acesteia ;

— randamentul intern al turbinelor de acționare de joasă presiune devine sensibil superior celui minim necesar după inegalitatea (2).

Cazul 4

Prezintă de asemenea interes schema propusă de dr. Krușel, în care tot aburul după cilindrul de înaltă presiune al turbinei de bază, înainte de a merge la supraîncălzirea intermediară, trece mai întîi prin turbina de acționare fig. 6.

De data aceasta trebuie construită o turbină specială, simplă și compactă — pentru o cădere mică de presiune, dar pentru un debit foarte mare. Complicația acestei turbine rezidă în debitele mari de intrare și ieșire și în conectarea turbinei în cazul ieșirii ei din funcțiune.

Din lipsa de îmbunătățire termodinamică a ciclului termic, economicitatea unei asemenea instalații rezultă mai mică decît în cazul schemei

de conectare paralelă a turbinei de acționare cu turbina de bază.

Calculele termice făcute pentru blocul cazan-turbină de 150 MW pentru parametrii 140 ata și 565°C arată că aplicarea turbopompelor

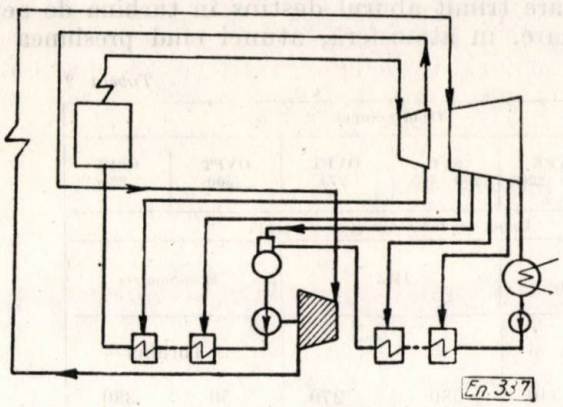


Fig. 6.

după cazul 2b aduce un cîștig de 2 960 tcc/an față de acționarea electrică, iar dacă se conectează turbina de acționare după cazul 4 economia rezultată este de 2 000 tcc/an. Pentru o centrală cu puterea de 1 000 MW economia anuală este de 20 000 tcc/an. Odată cu aceasta, puterea centralei se mărește cu 27 000 kW datorită micșorării cheltuielilor de energie electrică pentru serviciile interne. Luînd în considerare investițiile respective, precum și creșterea puterii centralei și micșorarea cheltuielilor pentru combustibil se ajunge la o economie de 380÷500 mii ruble/an.

Economia de investiții se mărește cu creșterea parametrilor aburului și mărirea puterii unitare a blocului. Ieftinirea relativă a unui kW instalat pentru blocul de presiune inițială 130 ata este de 1,6÷2,6%, iar pentru blocul lucrînd cu abur de 220 ata÷2,3÷3,7%, în funcție de putere.

O astfel de micșorare substanțială de investiții, împreună cu micșorarea simultană a cheltuielilor specifice de combustibil, face rațională aplicarea turbinelor pentru acționarea pompelor de alimentare la blocurile de putere mare.

Înainte, în cele mai multe cazuri, turbopompele erau considerate ca agregate de rezervă și deci se proiectau fără a se ține seama de economicitatea lor în schemă (fără a se folosi aburul destins în schema termică a centralei).

Folosirea rațională și economică a turbinelor de acționare a pompelor de alimentare are o serie de avantaje, și anume :

1. Mărirea puterii utile a centralei cu 3÷4% prin micșorarea corespunzătoare a consumului de energie electrică pentru servicii interne.

2. Mărirea siguranței în funcționarea centralei prin simplificarea instalației : turbina de acționare este mult mai simplă și mai sigură decît sistemul compus din : transformator, instalația de distribuție electrică pentru serviciile interne, motor electric, reductor, cuplaj hidraulic.

Turbina de acționare este conectată direct cu pompe, eliminîndu-se astfel pierderile prin conductoarele electrice, generator, transformator, servicii interne, motor, reductor, cuplă hidraulică.

3. Soluționarea mai rațională a problemelor de reglare a pompei, prin posibilitatea de reglare a funcționării la sarcini variabile, prin schimbarea turației. Ca o consecință a acestui fapt este prelungirea duratei de utilizare a armăturii corespunzătoare și eliminarea pierderilor de energie produse prin laminarea în regulatorul de alimentare.

4. Posibilitatea de a se reduce limitele de 20÷25% a presiunii hidraulice de probă pentru sistemul conductelor de alimentare și pentru piesele propriu-zise ale pompei.

5. Micșorarea pierderilor prin recirculație, datorită reglării debitului de apă.

6. Posibilitatea creării schemelor fără regulator de alimentare.

7. Simplificarea construcției agregatelor de alimentare, prin înlocuirea motorului electric, cu turație mică și gabarit mare, a cuplei hidraulice și a reductorului, printr-o turbină cu turație mare. Greutatea totală a agregatului de pompă scade de două ori și gabaritul de 1,5 ori.

Ca urmare se simplifică deservirea în exploatare și se reduce timpul pentru reparații și revizii.

Acționarea cu turbină corespunde pompelor de turație mare.

Mărirea turației pompei permite micșorarea numărului treptelor de presiune ale pompei și micșorarea diametrului rotorului, deci conduce la scăderea gabaritului greutății pompei.

Mărirea turației nu micșorează, ci, dimpotrivă, mărește siguranța pompelor, deoarece :

1. Se micșorează suprafețele la îmbinările corpurilor de înaltă presiune, ca rezultat al micșorării gabaritelor.

2. Se micșorează săgețile arborelui (de ex. săgeata arborelui pompei avînd 10 000 rot/min reprezintă 1/10 din săgeata arborelui pompei executate pentru 3 000 rot/min).

3. Scade efortul axial asupra rotorului.

4. Se reduc la minimum masele concentrate de metal, ceea ce creează condiții mai favorabile de lucru la variația regimurilor de temperatură ale pompei etc.

Turațiile mari sînt de asemenea preferate și pentru turbina de acționare deoarece odată cu mărirea turației, se micșorează gabaritele și greutatea turbini, majorîndu-se în schimb randamentul.

Din tabela 2 rezultă diferența de greutate și gabarite sesizată mai sus.

Dezavantajele acționării pompelor de alimentare cu turbina sînt următoarele :

1. Siguranța întregului bloc depinde de siguranța de funcționare a turbopompei unice de alimentare.

2. Pentru pornirea agregatului (neexistînd abur) este nevoie de o pompă specială de pornire cu acționare electrică.

Pentru perioada de pornire, întrucît trimiterea aburului în partea de joasă presiune a turbinei de bază nu este permisă, se realizează o legătură la condensatorul turbinei de bază.

Pentru protejarea turbinei de bază și a condensatorului, există două clapete de siguranță care trimit aburul destins în turbina de acționare, în atmosferă, atunci cînd presiunea ab-

Tabela 2

Caracteristica	Tipul pompei					
	PE 320–200	SVPE 220–220	SVD 280–320	OVPT 270	OVPT 500	OSPT 320
	Uzina producătoare și proiectantă					
	SKB PN uzina de pompe		IMZ		Economeizer	
Acționarea	Motor electric și reductor				Turbină	
Debit, m^3/h	320	340	380	270	50	380
Presiune de refulare, kgf/cm^2	206	220	280	140	186	280
Numărul de rotații ale pompei principale, rot/min.	6 000	6 000	7 000	5 000	6 500	8 500
Gabaritul agregatului, lungimea, m	11,2	10	8,2	7	7	5,5
Greutatea în general a agregatului	30	20	mai puțin 20	16	18	12

Observație.

Greutatea și gabaritul la agregatul de pompare acționat electric sînt date fără a ține seama de cupla hidraulică.

3. Comanda unei turbopompe în timpul pornirii este mai complicată decît a unei pompe acționate electric.

Vom analiza puțin mai amănunțit, pe rînd, aceste dezavantaje.

1. *Siguranța blocului*

Experiența exploatării turbopompelor de alimentare funcționînd în sistemul energetic din S.U.A. a arătat că acestea sînt foarte sigure în funcționare și prezintă un factor ridicat de disponibilitate. De asemenea, experiența construcției turbinelor pentru pompe de puteri mari și turație ridicată în alte ramuri industriale este promițătoare.

Pe baza acestor experiențe și cu condiția proiectării turbinei de acționare și a pompei de alimentare cu folosirea tuturor mijloacelor pentru realizarea siguranței maxime, se poate presupune că turbopompa va fi în final un agregat mai sigur decît turbogeneratorul principal sau cazanul.

Pentru funcționarea sigură a schemei termice a centralei trebuie luate o serie de măsuri. Astfel, evacuarea aburului din turbina de acționare trebuie asigurată în orice condiții de funcționare a schemei. De exemplu, în schema în care turbina este conectată la un preîncălzitor la sarcini mici cantitatea de abur destins în turbina de acționare depășește necesarul de abur pentru preîncălzitor și singura cale economică pentru folosirea acestui abur este dirijarea lui în partea de joasă presiune a turbinei de bază.

solută în condensator atinge valoarea 127 mm col. Hg.

Siguranța funcționării schemei se realizează printr-o serie de clapete de închidere și blocare așezate pe diversele legături dintre cele două turbine.

Pericolul de ardere al cazanului în caz de defectare a turbopompei se evită prin existența electropompei de pornire, care asigură un minimum de debit (25%).

2. *Pornirea agregatului și manevrele de pornire*

Pentru pornirea blocului atunci cînd nu există abur, trebuie să se prevadă o pompă acționată electric, asigurînd 1/4 din debitul turbopompei și presiunea ceva mai mare decît presiunea de lucru a aburului la intrarea în turbopompă. De exemplu pentru centrala Glen-Lein (America,) utilată cu grupuri de 225 MW la care debitul unei turbopompe este de 720 m^3/h la o presiune de 183 ata cu 5 500 rot/min, electropompa de pornire are un debit de 136 m^3/h și 46 ata. Această pompă trebuie să alimenteze cazanul cu apă pînă se formează aburul de joasă presiune, în cantitate suficientă pentru funcționarea turbopompei. Turbopompa de alimentare se pornește înainte ca presiunea din tamburul cazanului să atingă valoarea presiunii electropompei de pornire. Turbopompa trebuie să-și ridice turația la 2 700 rot/min (peste turația critică de 2 500 rot/min) cu abur de presiune 28 ata, cu vana de refulare închisă. Din

acest punct se face legătura alimentării cu apă a cazanului de la turbopompa principală și se oprește electropompa de pornire.

Deci turbina de acționare este alimentată cu abur de la cazan în perioada de pornire și primele eșapări se fac în atmosferă.

Uneori se poate instala o electropompă care să asigure întreaga presiune a cazanului și 50% din debit. În acest caz, turbopompa poate fi pornită atunci cînd se atinge presiunea totală și semisarcina blocului, adică atunci cînd turbina de bază a intrat deja în funcțiune și alimentarea ei se face ca și în regimul normal de funcționare. Această pompă ar juca în același timp și rolul unei pompe de rezervă, blocul putînd funcționa la 1/2 sarcină în timpul ieșirii din funcțiune a turbopompei. Instalarea unei astfel de pompe face să crească substanțial cheltuielile de investiții. Raportul cel mai avantajos între investițiile și coeficientul de funcționare sigură a blocului, se obține prin mărirea moderată a cheltuielilor în scopul realizării siguranței maxime a turbopompei de alimentare.

Automatizarea

Necesitatea automatizării totale a funcționării întregului echipament energetic al centralei pune condiții corespunzătoare și în cazul pompelor de alimentare.

În cazul folosirii electropompelor de alimentare cu turație constantă și regulator de debit, situația reglajului este următoarea (fig. 7):

Punctul A de funcționare a pompei se află la intersecția celor două caracteristici (caracteristica rețelei ca și caracteristica pompei C_r și caracteristica pompei C_p).

Considerăm că debitul cerut scade. Întrucît turația pompei este constantă și deci caracteristica pompei nu poate fi schimbată, vom

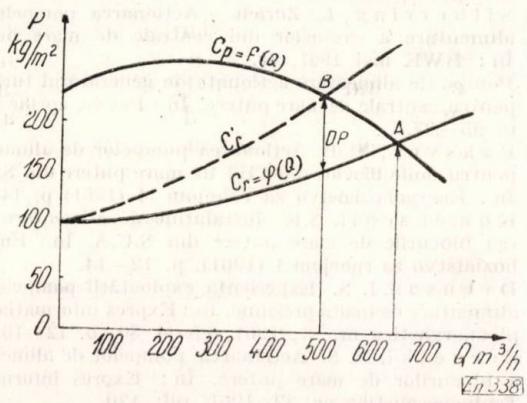


Fig. 7.

acționa asupra ventilului de alimentare, închizîndu-l. Prin aceasta, caracteristica rețelei devine C'_r. B este noul punct de funcționare corespunzător debitului scăzut. Pompa satisface debitul cerut în contul pierderii de presiune DP în ventilul de reglaj.

Un reglaj ideal, fără laminare, s-ar realiza prin schimbarea caracteristicii pompei, modificînd în acest scop turația. Pentru aceasta, debitul

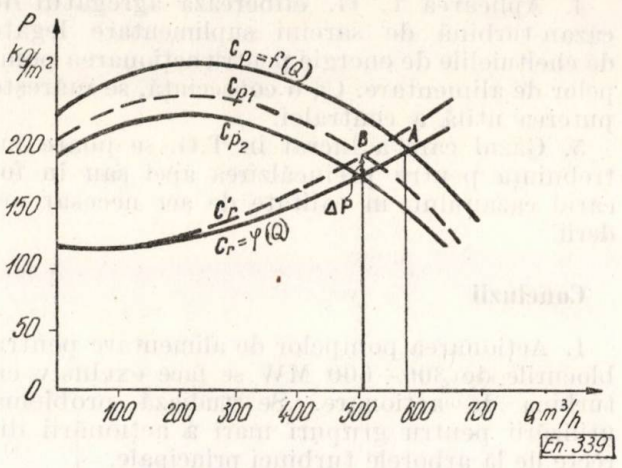


Fig. 8.

de abur al turbopompei trebuie redus pe măsura scăderii debitului de apă.

În prezent, ventilul de abur este acționat de două impulsuri: variația debitului de apă și variația turației pompei. Din cauza neregularității reglajului de turație, la scăderea debitului apare o tendință de creștere a turației. Aceasta face necesară existența unei rezerve a turației de presiune la pompe și deci regulatorul de alimentare trebuie totuși să facă un mic laminaj ΔP (fig. 8).

Este deci necesară realizarea unui statism negativ al reglajului.

Ideală este acționarea ventilului de abur numai în funcție de debitul de apă. În prezent, uzinele Economeizer studiază un asemenea sistem la care reglajul automat al debitului (în funcție de nivelul din tambur, sarcina cazanului și debitul intrat) va acționa direct ventilul de abur. În sistemul de reglare a turbinei va exista și un regulator de turație, dar avînd numai rolul de a împiedica ambalarea turbinei.

Acționarea pompelor de alimentare cu turbine cu gaze

Printre succesele obținute în domeniul energeticii se numără și utilizarea ciclurilor termice mixte abur-gaz care ridică randamentul ciclului termic.

Avantajele aplicării turbinelor cu gaze (TG) pentru acționarea pompelor de alimentare sînt:

1. T.G. prezintă un echipament independent al centralei electrice, care se pornește rapid.

2. T.G. asigură reglarea continuă a turației necesare pentru funcționarea economică a pompei, la regimuri variate de sarcină.

3. Realizarea unei legături directe și sigure a turbinei cu pompa de alimentare, dispărînd cupla hidraulică și reductorul.

4. Aplicarea T. G. eliberează agregatul de cazan-turbină de sarcini suplimentare legate de cheltuielile de energie pentru acționarea pompelor de alimentare. Ca o consecință, se mărește puterea utilă a centralei.

5. Gazul care a lucrat în T.G. se poate întrebuința pentru preîncălzirea apei sau în focarul cazanului, în calitate de aer necesar arderii.

Concluzii

I. Acționarea pompelor de alimentare pentru blocurile de 300÷600 MW se face exclusiv cu turbina de acționare. Se studiază problema utilizării pentru grupuri mari a acționării directe de la arborele turbinei principale.

2. Pentru grupuri de condensație cu puteri cuprinse între 150÷300 MW acționarea pompelor de alimentare nu este definitivată; se întîlnesc cele trei tipuri de acționări: cu turbină cu abur, electric și de la arborele turbinei de bază.

3. În cazul turbinelor de termoficare de putere 50÷150 MW sistemul cel mai rațional de acționare a pompelor de alimentare este acela al turbinei de acționare.

4. Actualmente se pot recomanda spre realizare trei scheme de conectare a turbinei de acționare în schema termică a centralei, scheme aproximativ la fel de raționale, și anume:

I. Conectarea turbinei de acționare în paralel cu partea de medie presiune a turbinei de bază cu recuperarea integrală a aburului destins (cazul 2 b).

II. Executarea turbinei de acționare ca o turbină înaintașă, alimentarea ei făcîndu-se cu abur la parametri înalți (cazul Ib).

III. Conectarea turbinei de acționare în paralel cu partea de joasă presiune a turbinei de bază cu trimiterea aburului destins în condensatorul turbine de bază sau într-un condensator propriu (cazul 3).

6. Economicitatea adoptării turbinelor pentru acționarea pompelor de alimentare se mărește pe măsura creșterii puterii unitare a blocului și mărirea parametrilor aburului, ridicînd substanțial puterea utilă a centralei.

7. Principiul de bloc — cazan — turbină se completează prin adaptarea unei singure turbopompe de alimentare.

8. O dată cu trecerea la pompe cu mare putere trebuie renunțat la acționarea acestora cu electromotoare și la echipamentul electric necesar din cauza dificultăților produse de fabricarea și exploatarea electromotoarelor puternice și a cuplelor hidraulice. Peutru acționarea cu turbine a pompelor de alimentare, problema este inversă. Cu cît crește puterea agregatului de pompare, cu atît este mai ușor de proiectat și creat și devin economice turbinele de acționare.

Bibliografie

[1] Hardie, P. H., Karassik I. J, Zabel, L. E. Protecția pompelor de alimentare a cazanelor împotriva dezamorsării. În: Combustion 31 (1959—60) nr. 9 (febr.), p. 37—40).

[2] Karassik, I, J. Tendințe recente la pompele de alimentare ale cazanelor În: Steam Engineer 28 (1956) nr. 326 (dec), p. 90—91, 99.

[3] Pose, I. Turbopompe de alimentare. În: Power 103 (1959) nr. 8, p. 71—73.

[4] Karassik, I. J. Pompe de alimentare acționate direct de turboalternatorul principal. În: Il Calore (1957) nr. 2 febr.

[5] Ozerov S. I., Borisov V. P. și Kaplan, A. V. Avantajele instalației cu turbine cu abur pentru acționarea pompelor de alimentare din centralele termoelectrice. În: Energomașinostroienie 31 (1957) nr. 9 (sept), p. 14—18.

[6] Krusch, G. E. Acționarea pompelor de alimentare cu turbine în centralele electrice bloc. În: Teploenerghetika nr. 3 (1958), p. 3—9.

[7] Despre avantajele acționării cu turbină a pompelor de alimentare. Energetika za rubejom.

[8] Meller, A G., Muir, R. C., O'mara, J. F. s.a. Comparație economică între acționarea cu turbine cu abur și acționarea cu motor a pompelor de alimentare a cazanelor. În: Combustion febr., 1956 p. 47—53.

[9] Instalații de alimentare a marilor blocuri din S.U.A. În: Energohoziaistvo za rubejom nr. 1 (1961).

[10] Subin, E. A. Alegerea tipului optim de acționare a pompelor de alimentare a cazanelor. În: Expres informația Teploenerghetika, nr. 13 din 1961 referat 53, p. 5—6.

[11] Borisov, V. P. și Kaplun A. V. Avantajele acționării cu turbine cu abur a pompelor de alimentare. În: Energomașinostroenie nr. 9, 1957, p. 14—18.

[12] Silberring, L. Zürich — Acționarea pompelor de alimentare a cazanelor din centrale de mare putere. În: BWK mai 1961, nr. 5.

[13] Pompe de alimentare acționate de generatorul turbinei, pentru centrale de mare putere. În: Power, aprilie 1961, p. 95—97.

[14] Pakșver, V. B. Acționarea pompelor de alimentare pentru noile blocuri din CET de mare putere din S.U.A. În: Energohoziaistvo za rubejom 4 (1961) p. 14—17.

[15] Komenschii, S.K. Instalațiile de alimentare pentru blocurile de mare putere din S.U.A. În: Energohoziaistvo za rubejom 1 (1961), p. 12—14.

[16] Dvenson I. S. Experiența exploatării pompelor de alimentare de înaltă presiune. În: Expres informația, Teploenerghetica nr. 21, 1961 referat 80, p. 12—16.

[17] Cerneți ki, N. S. Acționarea pompelor de alimentare a blocurilor de mare putere. În: Expres informația. Teploenerghetika nr. 32, 1961, ref. 120.

[18] Elpace. Acționarea pompelor de alimentare a cazanelor cu turbine. În: Power, aug. 1959, p. 71—73.

Unele aspecte ale măririi eficienţei economice în termoenergetică

DUMITRU RENŢEA şi *CAROL GOLDENBERG** — Bucureşti

Creşterea consumului de energie electrică şi căldură conduce la un apel din ce în ce mai mare la resursele de combustibil clasic, ajungîndu-se în prezent la situaţia că în întreaga lume consumul de cărbune din ultimii 25 ani reprezintă peste 50% din extracţia totală de la începuturile acesteia, aceeaşi constatare fiind valabilă şi pentru consumul de păcură din ultimii 10 ani. Chiar numai din aceste considerente generale se impune o intensă economisire a combustibilului, care trebuie înţeleasă însă a se face în limitele economicităţii.

Dacă în privinţa produceri de energie electrică în ţara noastră datorită unei îndelungate şi sistematice preocupări s-a ajuns în prezent la o folosire raţională a căldurii la nivelul tehnicii mondiale, în unele sectoare ale producerii directe a căldurii mai trebuie insistat pentru a se ajunge la o mai raţională utilizare a combustibilului.

Producere directă a căldurii din cazanele individuale care reprezintă o cantitate apreciabilă în comparaţie cu celelalte forme de satisfacere a necesităţilor şi în unele cazuri cuplarea acesteia cu producerea de energie electrică semnalează în ultimul timp, pentru condiţiile din ţara noastră, o serie de probleme importante care se impun şi din punctul de vedere al introducerii tehnicii noi. Cazurile reţinute se referă la :

1. Folosirea cazanelor de debite mici, de abur sau apă fierbinte, cu performanţe superioare.
2. Realizarea în ţară a agregatelor de termoficare de puteri unitare mici şi cu parametri ridicaţi ai aburului.
3. Recuperarea sub formă de abur de parametri medii a deşeurilor de căldură din gazele de ardere.
4. Arderea deşeurilor lemnoase combinate cu alţi combustibili în cazane de parametri medii.

În cele ce urmează se prezintă aspectele energetice şi în special cele legate de economisirea de combustibil pentru situaţia din R.P.R., scopul prezentului articol fiind de a pune în evidenţă importanţa economică a problemelor de mai sus, traducerea în practică a acestora necesitînd o examinare de detaliu, cu menţiunea că pe plan mondial acestea şi-au găsit rezolvarea corespunzătoare.

1. Folosirea cazanelor de debite mici, de abur sau apă fierbinte, cu performanţe superioare

În ultimii ani s-a manifestat o activitate deosebită în realizarea de cazane de debite mici cu performanţe apropiate de cele ale cazanelor de abur de mare capacitate, construindu-se o gamă largă de tipuri şi capacităţi.

În ceea ce priveşte producţia acestor cazane, se menţionează firmele străine Italwanson, Condor şi Del Monego (Italia) care realizează cazane de abur cu debite de 0,1 ... 12,0 t/h la presiuni de 0,5 ... 8,0 at, ajungînd la 25 at, Générale Térmique (Franţa) care produce cazanul de abur, tip Brola în 16 mărimi, cu debite de 0,3...7,0 t/h la presiuni de 8,0 ... 12,0 at, şi cazanul de apă fierbinte, tip Brola în 11 mărimi, cu debite de 0,6 ... 4,5 Gcal/h, Cochran, pentru cazane de abur cu debite de 0,8...17,0 t/h, Galcalor şi Powermaster (Anglia) pentru cazane de apă fierbinte de 0,075—5,5 Gcal/h, şi Babcock—Wilcox şi Vapor International Corporation (S. U. A) pentru cazane de abur cu debite de 0,7...2,3 t/h la presiune de 14,0....17,5 at.

Caracteristic fabricaţiei acestor cazane de debite mici sînt următoarele :

— Combustibilii folosiţi sînt în general gazoşi şi lichizi, pentru unele dintre cazane utilizîndu-se chiar păcura.

— Din punct de vedere constructiv, cazanele se realizează diferit, cu ţevi de fum sau ţevi de apă, circulaţie naturală sau forţată, orizontale sau verticale, dar de regulă sînt asamblate în uzină, avînd gabarite reduse şi fiind complet automatizate.

— Randamentele sînt în toate cazurile peste 85%, atingînd valori de 92 ... 93% pentru cazanele de abur şi 88% pentru cazanele de apă fierbinte, care se construiesc în general pînă în prezent cu debite pînă la 5 Gcal/h.

În domeniul cazanelor de apă fierbinte în U.R.S.S. este în curs de realizare un nou tip[1] de capacitate însă mai mare, 50 Gcal/h, a cărui gamă este prevăzut a se lărgi în special în scopul satisfacerii nevoilor industriei. Acest nou tip funcţionînd „prin contact" constă în pulverizarea apei de alimentare în drumul gazelor de ardere la coş, degazarea acesteia şi apoi încălzirea în fascicule de ţevi. Faţă de cazanul obişnuit de apă fierbinte tip PTV—50 noul tip de cazan prezintă performanţe superioare, randamentul fiind de 96,7% faţă de 91% iar greutatea totală de metal (inclusiv ventilatoare, pompe, motoare electrice etc.) este de numai 33,3 t faţă de 110 t.

Similar cazanelor de debite mici realizate în străinătate, în R.P.R. sînt în curs de realizare următoarele :

— Cazane de abur tip Vuia—I.E. cu debite de 1 t/h şi 3 t/h, cazanul de 1 t/h fiind omologat, iar cel de 3 t/h în curs de experimentare.

* Ing. D. Renţea este şef de atelier şi ing. C. Goldenberg este proiectant şef la ISPE.

[1] L. K. Iakimov, O. G. Liakov şi O. L. Iakimov „Agregat de cazan de apă fierbinte prin contact şi conducte de apă pentru alimentarea cu căldură a întreprinderilor industriale" Promîşlenaia Energhetika nr. 1 1962.

— Cazane de abur tip CTF-1 de 2,5 t/hl a 13 at, cu volum mare de apă, cu tub de flacără și țevi de fum, pentru care s-au făcut încercările termice.

— Cazane de abur tip CR-10 de 6,5 t/h la 8 și 16 at și tip CR-9 de 10 t/h la 8 și 16 at, cu circulație naturală, cu țevi de apă de mare înclinare. Cazanul de 10 t/h este realizat, iar cel de 6,5 t/h proiectat.

— Cazane de apă fierbinte ICMA cu capacitate de 1 și 2 Gcal/h, cu ardere intensivă, cu volum mic de apă și trecere forțată. Cazanul de 1 Gcal/h este realizat și în curs de omologare, iar cazanul de 2 Gcal/h a fost pus recent în funcțiune.

Cazanele menționate sînt concepute complet automatizate pe principiile tot sau puțin ori tot sau zero.

Datele caracteristice principale ale acestor cazane sînt prezentate în tabela 1.

Tabela 1

Date caracteristice ale unor cazane de debite mici realizate în R.P.R.

Tipul cazanului	Debitul t/h sau (Gcal/h)	Presiunea, at.	Greutatea metalică, t	Gabarite (mm)			Combustibilul folosit	Randament, %
				lungime	lățime	înălțime		
a. CAZANE DE ABUR.								
Vuia—I.E.	1,0	13,0	2,20	2 600	1 500	2 800	lichid sau gaze	89
Vuia	3,0	13,0	4,50	3 000	1 500	3 200	lichid sau gaze	—
CTF-1	2,5	13,0	10,50	7 200	3 000	2 720	lichid sau gaze	—
CR—10	6,5	8 sau 16	25,00	5 350	3 350	4 360	lichid sau gaze	—
CR-9	10,0	8 sau 16	28,10	6 280	3 350	4 360	lichid sau gaze	—
b. CAZANE DE APĂ FIERBINTE								
ICMA	(1,0)	—	2,50	2 200	1 330	1 660	gaze	91
ICMA	(2,0)	—	cca. 4,00	3 500	2 000	2 000	gaze	—

Cazanele de debite mici în curs de realizare în țară au performanțele la același nivel cu cazanele similare din străinătate. Perfecționarea și construirea acestor cazane în curs de realizare în R.P.R. este pe deplin justificată pentru înlocuirea fabricației tipurilor vechi (cazanele de încălzire Tubal, cazanele de abur secționale, tip locomobilă etc.), care se caracterizează prin randamente coborîte și consum mare de metal.

Din punct de vedere energetic, îmbunătățirea fabricației de cazane de debite mici, de abur și de apă fierbinte, și scoaterea din fabricație a tipurilor vechi vor avea ca efect o importantă economie de combustibil. Dacă se consideră că pînă în anul 1965 pentru cca. 100 000 de apartamente nepreluabile prin termoficare s-ar instala cazane cu performanțe superioare în locul cazanelor obișnuite Tubal, prin aceasta s-ar realiza anual o economie de combustibil de cca. 110 000 tcc. De asemenea, dacă s-ar instala cazane cu performanțe superioare la industriile unde consumurile de căldură sînt reduse și nu justifică realizarea unor centrale de termoficare, pentru un debit total de numai 200 Gcal/h, tehnologic și încălzire, economia anuală de combustibil realizată ar fi de cca 30 000 tcc.

Datorită scăderii consumului de metal, reducerii gabaritelor și faptului că aceste cazane se livrează gata montate, noile tipuri de cazane nu depășesc costul cazanelor vechi, ajungînd chiar la valori mai mici, și prin acest fapt economia de combustibil este o economie reală, nefiind afectată de cheltuieli suplimentare legate de noile tipuri de cazane în curs de realizare.

Performanțele ridicate și în special randamentul cazanelor de încălzire de debite mici, care devine practic egal cu randamentul cazanelor de debite mari, fac ca avantajele alimentării cu căldură prin termoficare să se rezume numai la economia de combustibil realizată prin producerea energiei electrice în contrapresiune, care la debite reduse de căldură și la parametrii medii ai aburului 40 at, 450°C nu compensează cheltuielile suplimentare de investiții în cazul termoficării urbane dintr-o centrală special realizată. Importantele economii de combustibil justifică preocuparea în ceea ce privește fabricația în țară a cazanelor menționate cît și lărgirea gamei de debite.

Pentru cazanele de abur, gama cuprinzînd cazanele Vuia de 1 și 3 t/h, cazanul CTF—1 de 2,5 t/h și cazanele CR-10 și CR-9 de 6,5 și 10,0 t/h se consideră suficientă pentru acoperirea nevoilor din țara noastră, rămînînd a se examina problema unificării tipurilor în vederea asigurării unei producții mărite și mai rentabile în condițiile realizării unor performanțe superioare. În privința cazanelor de apă fierbinte apare necesar a perfecta cele două mărimi de cazane ICMA realizate, de 1 Gcal/h și 2 Gcal/h și a lărgi gama acestora atît pentru capacități mai mici (0,5 Gcal/h) cît și pentru capacități mai mari (4 — 5 Gcal/h); totodată este necesar ca tipul de cazane ICMA să fie realizat și pentru combustibil lichid.

În vederea cuprinderii unei părți cît mai mari din necesitățile țării noastre apare de asemenea indicată și realizarea unui cazan de 10 — 15 Gcal/h care să facă legătura între cazanele mici și cele de 50 Gcal/h și 100 Gcal/h, care se instalează în centralele de termoficare.

2. Realizarea în țară a agregatelor de termoficare de puteri unitare mici și parametri ridicați ai aburului

Dezvoltarea industriilor din țara noastră conduce, în vederea satisfacerii necesităților de căldură, la realizarea de centrale de termoficare industriale echipate cu grupuri de puteri unitare mici, cele mai frecvente cazuri rezolvîndu-se în prezent prin instalarea a unui sau a două grupuri de contrapresiune și priză reglabilă de 4 sau 6 MW la 35 at, 435°C. Avînd în vedere faptul că debitele de abur prelucrate de grupuri sînt relativ mari pentru parametrii medii, de 50 t/h pentru grupuri de 4 MW, respectiv de 80 t/h pentru cel de 6 MW, se pune problema ridicării parametrilor aburului la treapta 90 at, 535°C, parametri prevăzuți pentru agregate care urmează a se realiza în R.P.R.

Schemele comparative de satisfacere a necesităților de căldură din instalații de termoficare la 100 at, 540°C în comparație cu satisfacerea acelorași consumuri din instalațile la 40 at, 450°C, prezentate în figura 1 au fost întocmite plecînd de la caracteristicile grupurilor de contrapresiune și priză de fabricație curentă CMR de 4 MW și 6 MW și ale cazanelor de 50 t/h la 40 at 450°C, pentru două ipoteze de consum :

— *ipoteza A*, în care întregul consum de căldură reprezintă încălzire, pentru care în mod curent se instalează un grup de 4 MW și un cazan de 50 t/h din care se asigură consumul de bază și cca. 20 Gcal/h reprezentînd cazane de apă fierbinte pentru preluarea vîrfului de încălzire ;

— *ipoteza B*, în care consumul de căldură are un pronunțat caracter tehnologic și pentru satisfacerea căruia în mod curent se instalează un grup de 6 MW și două cazane de 50 t/h.

Corespunzător agregatelor la parametri medii din ipotezele *A* și *B* în figura 1 se prezintă soluțiile în cazul parametrilor aburului la cazane de 100 at, 540°C, respectiv 90 at, 535°C la turbine, debitele cazanelor păstrîndu-se aceleași ; turbinele de termoficare, modificîndu-se ca urmare a creșterii parametrilor aburului, și anume :

Pentru ipoteza A — turbine de contrapresiune de 9 MW în locul celei de 4 MW ;

Pentru ipoteza B — turbine de contrapresiune și priză de 10 MW în locul celei de 6 MW.

Din schemele prezentate se constată că în timp ce din punctul de vedere al satisfacerii consumului de căldură soluțiile care intră în comparație sînt echivalente (consumurile fiind egale), din punctul de vedere al puterii și energiei electrice produse soluțiile diferă, astfel că pentru a le putea judeca este necesar a adăuga la soluțiile cu parametri medii ai aburului diferența de putere și energie electrică pînă la nivelul soluțiilor cu parametri ridicați ai aburului această diferență reprezentînd putere și energie electrică necesar a fi instalate și produse în centrale de condensație.

Ridicarea parametrilor inițiali ai aburului conduce din punct de vedere energetic la următoarele :

— Înlocuirea agregatelor de termoficare la parametri medii cu agregate la parametri ridicați ai aburului are ca efect scutirea instalării unei părți de putere în condensație ;

— Prin trecerea la parametri ridicați ai aburului se obține o creștere a puterii produse în contrapresiune cu 70 — 110%, conducînd pentru fiecare MW înlocuit de la 35 at, la 90 at, la o economie de combustibil, datorită sporului de energie electrică produsă în contrapresiune de 670 — 830 tcc/an funcție de caracterul consumului (proporția dintre tehnologie și încălzire) și duratele de utilizare.

— Investițiile totale incluzînd cele pentru ridicarea parametrilor și mărirea puterii grupurilor conduc la valori specifice mai reduse cu cca. 25% față de situația rămînerii la parametri medii ;

— Orientîndu-ne după consumatorii de căldură care se dezvoltă pînă în anul 1965 în țara noastră, cel mai interesant ar apărea grupul de contrapresiune și o priză reglabilă la 90 at, 535°C, cu o putere de 10 — 12 MW căruia îi corespunde un debit de abur ce ar putea fi asigurat din două cazane de cîte 50 t/h la 100 at, 540°C. Pentru o corectă stabilire a caracteristicilor acestui grup este necesar să se facă în prealabil o examinare pe baza dezvoltării consumatorilor industriali pe o perioadă de cel puțin 5 — 6 ani.

Dacă din puterea nouă instalată în centralele de termoficare mici s-ar reuși a se înlocui 200 MW la parametri medii cu grupuri la parametri ridicați, aceasta ar conduce la investiții mai scăzute și la o economie anuală de combustibil de cca. 150 000 tcc/an.

Avantajele menționate conduc în mod evident la necesitatea realizării într-un timp scurt a unor agregate de termoficare cu parametri ridicați ai aburului 100 at, 540°C la cazane, respectiv 90 at, 535°C la turbine, care să înlocuiască cazanele de 50 t/h la 40 at, 450°C și grupe de 6 MW, eventual și pe cel de 4 MW contrapresiune și priză la 35 at, 435°C, rămînînd ca pentru consumatorii cu debite mici de 50 t/h

cu caracter tehnologic, să se utilizeze cazanele de 20 t/h la 40 at, 450°C și grupurile de contrapresiune de 3 MW și eventual pe cel de 4 MW.

struiesc în țară, instalarea unor grupuri de condensație sau condensație și priză reglabilă, asigurînd astfel recuperarea integrală și permanentă a căldurii.

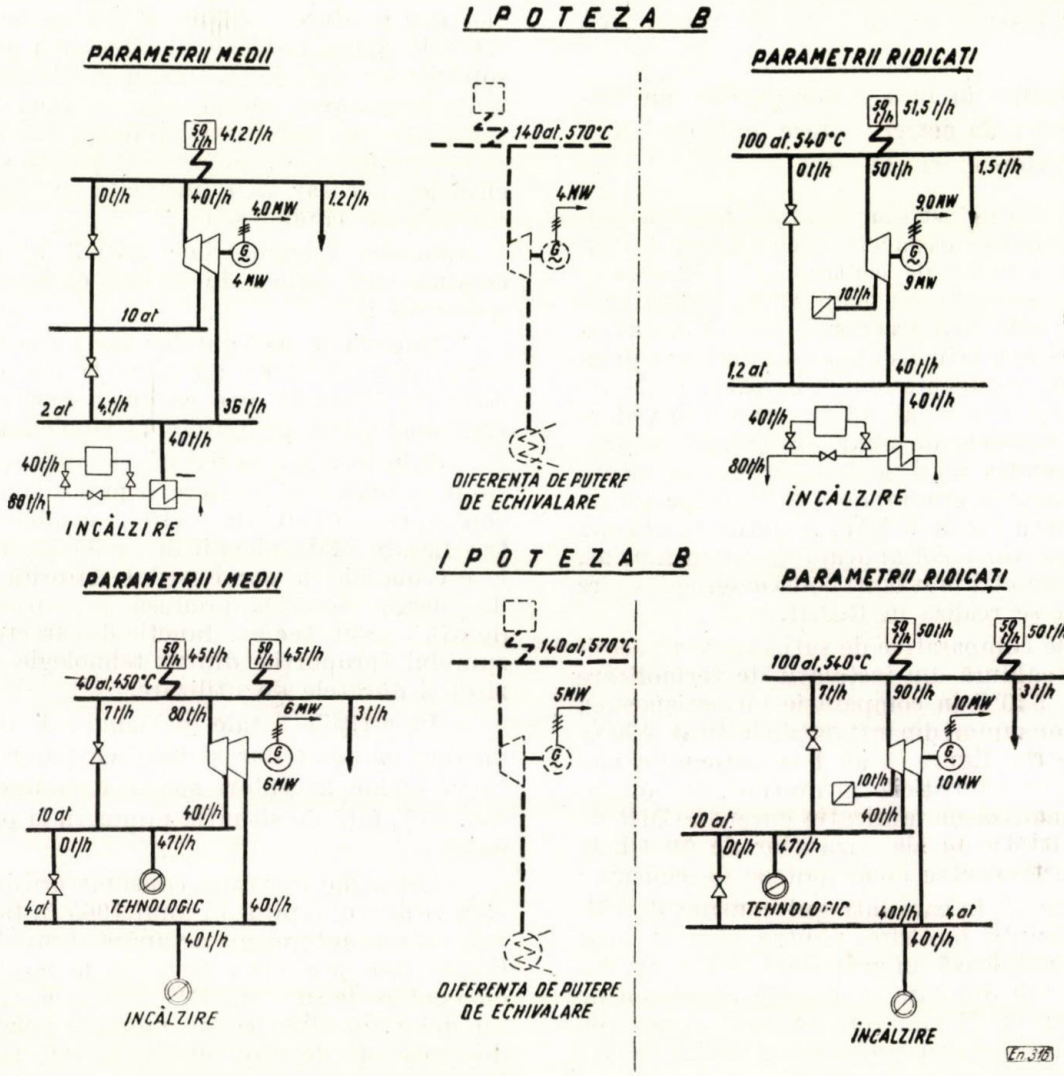


Fig. 1. Scheme termice de principiu de satisfacere a consumatorilor cu căldură și energie electrică din agregate de termoficare la 40 at, 450°C și 100 at și 540°C.

3. Recuperarea sub formă de abur de parametri de medii a căldurii deșeu provenite din gazele ardere

Practica recuperărilor de căldură din gazele de ardere limita pînă acum cîțiva ani parametrii aburului recuperat de 13 — 16 at, căldura fiind folosită direct pentru nevoile tehnologice și de încălzire ale industriei respective.

Ridicarea parametrilor aburului obținut din recuperări la parametri superiori la care are loc consumul de căldură prezintă avantajul obținerii unei puteri și energii electrice în contrapresiune, iar pentru acele cazuri în care nu este asigurat în permanență consumul pentru căldura recuperată în special vara face posibilă, date fiind turbinele de condensație care se con-

La noi în țară, problema recuperării căldurii din gazele de ardere sub formă de abur la 40 at. a fost pusă în anul 1956 de către prof. ing. I. D. Stăncescu și ing. D. Rențea din cadrul Institutului de studii și proiectări energetice și realizată la Combinatul chimic-Făgăraș de către Uzinele „Vulcan"—București, unde s-a instalat un cazan recuperator de 10 t/h, 40 at, 450°C. Recuperarea la 40 at a mai fost realizată la Combinatul chimic—Năvodari, iar în scurt timp urmează a intra în funcțiune instalațiile de recuperare de la Roznov care inițial fuseseră propuse a fi pentru 13 at.

Întreprinderile menționate reprezintă o cotă relativ redusă din recuperările posibile din țara noastră, în studiile întocmite la ISPE avîndu-

se în evidență ca recuperări care se pot realiza la 40 at un debit total de cca. 500 t/h.

Avantajele recuperării căldurii la parametri medii ai aburului în comparație cu recuperarea la parametri la care are loc consumul de căldură sînt puse în evidență în schemele comparative reprezentate în figura 2, pentru care se prezintă cele două ipoteze :

— *ipoteza A* — în care recuperarea se face la parametri la care are loc consumul de căldură ;

— *ipoteza B* — în care recuperarea se face la parametri medii, 40 at, 450°C, iar corespunzător caracterului consumului de căldură instalîndu-se în variantă turbine de contrapresiune (varianta 1 — în care consumatorii de căldură asigură în permanență folosirea căldurii recuperate) sau turbine de condensație și prize reglabile (varianta 2 — în care consumatorii de căldură nu solicită în permanență căldură recuperată).

Pentru debitul total luat în evidență de cca. 500 t/h, ca urmare a ridicării parametrilor instalațiilor de recuperare la 40 at, se poate obține o putere electrică în contrapresiune de 30 — 55 MW, funcție de parametrii aburului la consumator (varianta 1) sau de cca. 100 MW în condensație în cazul în care recuperarea nu are asigurat consumul de căldură (varianta 2).

Ridicarea parametrilor aburului la instalațiile de recuperare conduce din punct de vedere energetic la următoarele :

— valorificarea permanentă a căldurii recuperate și producerea în termoficare a unor cantități importante de putere și energie electrică ;

— scutirea instalării și producerii în centrale de condensație a unei cote însemnate de putere și energie electrică ;

— realizarea unor economii de combustibil, care pentru situația menționată se apreciază a fi de cel puțin 90000 tcc/an.

Dacă se ține seama de faptul că din punct de vedere constructiv cazanele recuperatoare la 40 at nu pun probleme deosebite de cele la 13 — 16 at și că prin recuperarea la 40 at se obține și o putere electrică suplimentară pentru care se necesită numai investiții în grupuri, rezultă că sub aspectul investițiilor totale recuperarea la 40 at este mai ieftină decît cea la 13 — 16 at.

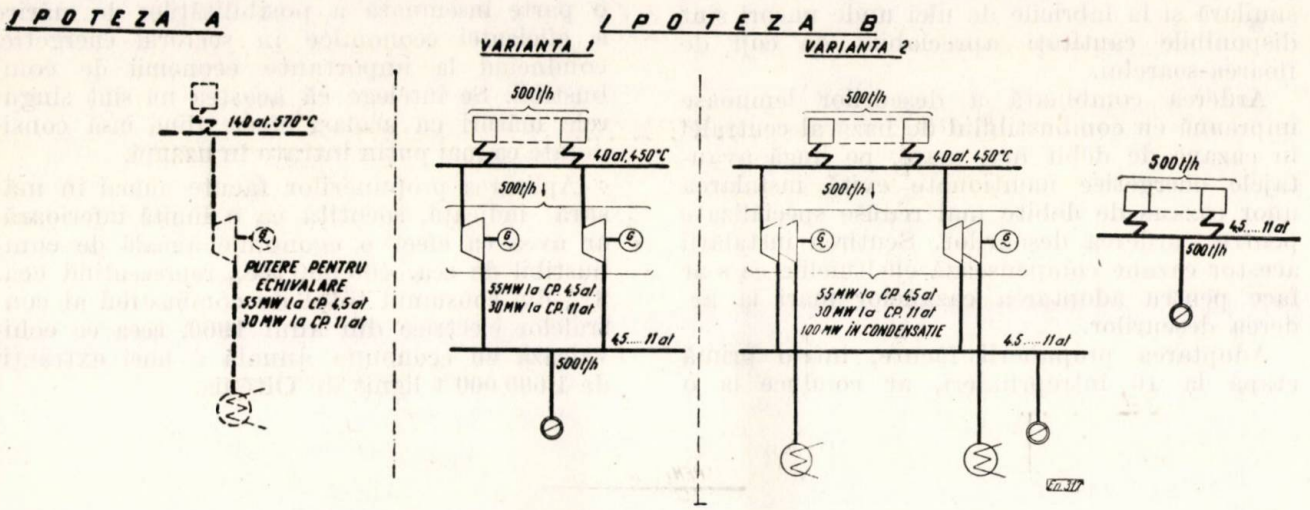


Fig. 2. Scheme termice de principiu de recuperare a căldurii la parametrii la care are loc consumul și la parametrii medii ai aburului 40 at, 450°C.

Importantele economii de combustibil fac pe deplin justificată luarea unor măsuri pentru realizarea în toate cazurile posibile a recuperării la 40 at, iar la marile combinate, unde cantitățile de căldură recuperabile provenind din gaze de ardere sînt importante, trebuie avută în vedere și recuperarea la parametri mai ridicați.

4. Arderea deșeurilor lemnoase combinate cu alți combustibili în cazane de parametri medii

Întreprinderile de industrializare a lemnului care se construiesc în țară au ca rezultat din procesul tehnologic deșeuri de lemn în cea mai mare parte sub formă de praf și rumeguș. În medie, la o astfel de întreprindere, deșeurile lemnoase oferă combustibil pentru producerea unui debit de cca. 14 t/h, valorificîndu-se în general în cazane de joasă presiune, aburul fiind utilizat direct pentru nevoile tehnologice la diferite presiuni (4. — 12 at). În mod obișnuit pe lîngă aceste cazane, pentru satisfacerea integrală a nevoilor de căldură se realizează centrale de termoficare la 40 at, 450°C. Dacă deșeurile lemnoase s-ar arde în cazanele de 40 at împreună cu combustibilul de bază al centralei prin adaptarea cazanelor respective, din aburul de 40 at care s-ar obține din arderea deșeurilor provenite de la o întreprindere, ar rezulta o putere de cca. 0,8 MW cu o cantitate de

energie electrică de cca. 5,5 mil. kWh/an în contrapresiune, ceea ce din punctul de vedere al combustibilului înseamnă o economie de cca. 1 100 tcc/an. Situația arătată pentru întreprinderile de industrializarea lemnului este similară și la fabricile de ulei unde uneori sînt disponibile cantități apreciabile de coji de floarea-soarelui.

Arderea combinată a deșeurilor lemnoase împreună cu combustibilul de bază al centralei în cazane de debit mai mare, pe lîngă avantajele energetice menționate evită instalarea unor cazane de debite mai reduse specializate pentru arderea deșeurilor. Scutirea instalării acestor cazane compensează cheltuielile ce s-ar face pentru adoptarea cazanelor mari la arderea deșeurilor.

Adoptarea propunerii făcute, într-o primă etapă la 10 întreprinderi, ar conduce la o economie anuală de combustibil de cca. 11 000 tcc.

*

Măsurile indicate în articolul de față prezintă o parte însemnată a posibilităților de mărire a eficienței economice în sectorul energetic, conducînd la importante economii de combustibil. Se înțelege că acestea nu sînt singurele măsuri cu același efect, fiind însă considerate ca mai puțin intrate în uzanță.

Aplicarea propunerilor făcute numai în măsura indicată, socotită ca o limită inferioară, ar avea ca efect o economie anuală de combustibil de cca. 400 000 tcc., reprezentînd cca. 8% din consumul total de combustibil al centralelor electrice din anul 1960, ceea ce echivalează cu economia anuală a unei extracții de 1 600 000 t lignit de Oltenia.

Automatizarea centralelor hidroelectrice în R. P. R.

GHEORGHE IONIȚĂ și *EUGEN NENIȚĂ* — București

Realizări și perspective

1. Dezvoltarea tehnicii mondiale, producția de masă, în serie sau pe bandă rulantă, a produselor au atras după sine automatizarea majorității proceselor de fabricație. Astăzi, fără automatizare a devenit imposibilă dezvoltarea oricărui sector din industrie. Mașini automate execută operații complexe, necesitînd numai supraveghere sau modificarea datelor de bază, iar în ultimul timp au preluat chiar și funcția de supraveghere. În combinație cu instalațiile de telemecanică, s-a realizat coordonarea funcționării automate a unor mașini sau chiar industrii întregi situate la mare distanță între ele, cum este cazul sistemelor energetice complexe.

Un domeniu larg de folosire a automatizării îl oferă energetica și în special centralele hidroelectrice, care prezintă posibilități mari pentru automatizarea proceselor de comandă și control al funcționării echipamentelor.

Gradul ridicat de automatizare, posibil la centralele hidroelectrice, se datorește unor particularități ale agentului primar apa, care :

— se pretează la comenzi rapide ;

— nu prezintă pericol la manevrare sau depozitare ;

— se găsește în permanență la dispoziție și nu necesită operații de transport și depozitare ;

— procesul de transformare a energiei de mișcare a apei în energie electrică este simplu și necesită instalații complicate.

2. Automatizarea centralelor hidroelectrice este dictată în principal de următoarele considerente :

— avantajele tehnico-economice ;

— ușurarea muncii operatorului.

Avantajele economice rămîn pe plan secundar în cazul cînd automatizarea, prin natura procesului respectiv, este obligatorie din condiții tehnice. Acesta este de exemplu cazul reglajului automat al tensiunii și puterii reactive cînd, dată fiind variația rapidă a tensiunii, intervenția eficace a operatorului nu ar fi posibilă.

Ușurarea muncii operatorului hotărîtoare în cazul instalațiilor greu accesibile și pentru cele care prezintă pericol pentru operatori.

În particular, pentru centralele hidroelectrice (CHE) avantajele concrete pe care le aduce automatizarea sînt :

a) Reduce în mod simțitor numărul personalului de exploatare, prin aceasta reducîndu-se numărul și volumul construcțiilor social-culturale de pe lîngă hidrocentrală, precum și cheltuielile anuale de exploatare legate de salarizarea personalului.

* Gh. Ioniță este inginer proiectant șef și E. Neniță este inginer proiectant la ISPE.

b) Reduce costul și dimensiunile părții de construcție a hidrocentralei prin suprimarea sau micșorarea dimensiunilor camerei de comandă.

c) Reduce timpul de pornire a unui agregat de la 10—15 minute la cca. 1—5 minute, după tipul și puterea agregatului și a echipamentului hidromecanic. Prin aceasta se realizează posibilitatea intervenției rapide a grupului la deficite de sarcină în sistem, se mărește cu 3—8% energia debitată de agregatul respectiv și se micșorează puterea turnantă necesară în sistem.

d) Permite participarea hidrocentralelor la reglajul frecvenței și al puterii active în sistem, în cazul dimensionării hidraulice corespunzătoare a acestora.

e) Asigură utilizarea optimă a resurselor hidro ale amenajării respective.

f) Crește calitatea energiei electrice furnizate.

g) Crește nivelul tehnico-profesional al personalului de exploatare.

Avînd în vedere avantajele de mai sus, pentru centralele hidroelectrice construite în cadrul planului de electrificare de 10 ani sau pentru cele în curs de construcție s-a acordat o atenție deosebită automatizării lor la nivelul actual al tehnicii mondiale.

Automatizarea unei amenajări hidroenergetice complexe, conținînd centrale de derivație, centrale pe firul apei cu acumulări de diferite volume și centrale în cascadă pe canal, poate fi realizată în mai multe etape de timp (fig. 1):

— E t a p a I: automatizarea fiecărui agregat hidroelectric tratat ca o unitate separată, inclusiv a instalațiilor hidromecanice legate de funcționarea acestuia.

— E t a p a I I: automatizarea centralei luate în ansamblu.

— E t a p a I I I: automatizări la scara întregii amenajări hidroenergetice.

Pentru o corectă suprapunere a lor, cele trei etape trebuie să fie realizate după stabilirea prealabilă a soluției tehnice de ansamblu, care să jaloneze realizarea fiecărei etape în parte. Etapizarea este dictată de tipul hidrocentralei, de amploarea amenajării hidroenergetice și în special de evoluția realizării pe șantier a lucrărilor. Astfel, la execuția unei hidrocentrale punerea în funcțiune a grupurilor se realizează decalat în timp, în momentul terminării montajului fiecăruia. Pe această treaptă se impune realizarea automatizării la nivelul agregatului.

După punerea în funcțiune a unei întregi hidrocentrale independente sau a primelor 2—3 hidrocentrale ale unei amenajări complexe, cînd apare necesitatea telecomandării, în primul caz, respectiv a coordonării lor, în al doilea caz, se impune realizarea automatizării la nivelul centralelor (etapa II), ușurîndu-se munca de oprire, pornire sau reglare a sarcinii lor.

La terminarea întregii amenajări hidroenergetice apare necesitatea coordonării ansamblului centralelor în funcție de necesitățile sistemului energetic și a gospodăririi apelor, deci necesitatea realizării etapei a III-a.

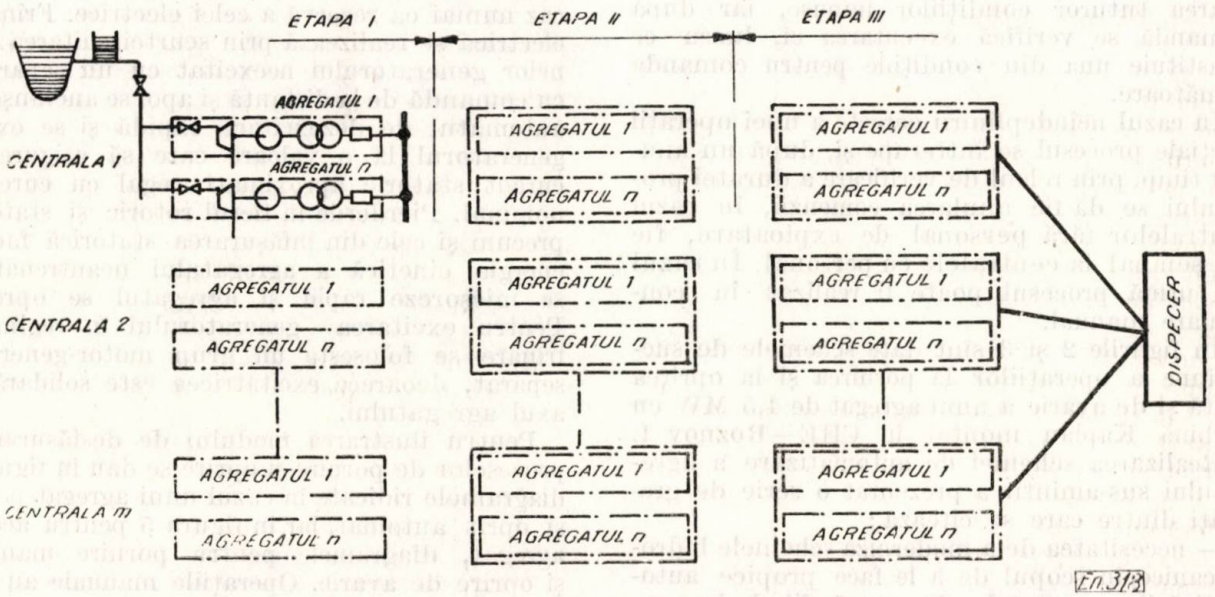


Fig. 1. Etapele de realizare a automatizării unei amenajări hidroenergetice:
I — la nivelul agregatului; II — la nivelul hidrocentralei; III — la nivelul hidroamenajării.

3. Pînă în prezent, la noi în țară, au fost realizate proiectele pentru CHE—Roznov I, CHE—Roznov II și extinderea CHE—Sadu V cu un al treilea agregat, proiecte care se încadrează în etapa I de realizare a automatizării. Primele două centrale fac parte din amenajarea

complexă Bistrița-aval, iar a treia practic reprezintă o hidrocentrală independentă cu posibilitatea de telecomandă.

În afară de acestea se menționează și CHE V.I. Lenin de la Bicaz, și CHE — Moroieni, centrale deja existente care se încadrează tot în etapa I.

Etapele II și III sînt, pentru toate centralele, în faza de studiu.

Conform temei, în cele ce urmează, vor fi prezentate volumul de automatizare și unele aspecte privind numai hidrocentralele ale căror proiecte au fost întocmite în ISPE.

Volumul de automatizare realizat este următorul :

— pornirea și oprirea agregatului ;

— autosincronizarea generatoarelor sau, în unele cazuri, și sincronizarea automată precisă ;

— reglajul automat al tensiunii ;

— reglajul turației agregatelor ;

— frînarea mecanică sau electrică la oprire ;

— protecția instalațiilor hidromecanice și protecția prin relee a părții electrice a agregatelor și a serviciilor proprii aferente ;

— stingerea automată a incendiilor din generator.

În cadrul procesului de pornire sau oprire, început printr-o comandă voită, automatica asigură succesiunea tuturor operațiilor parțiale în ordinea cerută. Anterior comenzii de începere a unei operații parțiale se verifică realizarea tuturor condițiilor impuse, iar după comandă se verifică executarea ei, lucru ce constituie una din condițiile pentru comanda următoare.

În cazul neîndeplinirii corecte a unei operații parțiale procesul se întrerupe și, după un anumit timp, prin releul de verificare a duratei procesului se dă fie anularea comenzii, în cazul centralelor fără personal de exploatare, fie un semnal la centralele cu personal. În cazul din urmă procesul poate fi realizat în continuare manual.

În figurile 2 și 3 sînt date schemele de succesiune a operațiilor la pornirea și la oprirea voită și de avarie a unui agregat de 4,5 MW cu turbină Kaplan montat în CHE—Roznov I.

Realizarea schemei de automatizare a agregatului sus-amintit a prezentat o serie de greutăți dintre care se citează :

— necesitatea de a moderniza schemele hidromecanice în scopul de a le face propice automatizării, agregatele în cauză fiind de construcție învechită, cu regulator de viteză clasic, care nu permite efectuarea pornirii prin limitarea deschiderii ;

— lipsa unor aparate pentru măsurarea mărimilor mecanice, turației agregatului, gradului de deschidere a paletelor statorice și rotorice etc.

Modernizările și completările efectuate, ca simplificarea circuitelor de răcire și ungere, completarea regulatorului cu distribuitorul frînelor, comanda vanei sferice prin electromagnet bistabil etc., au permis automatizarea completă a tuturor proceselor. *

Conectarea generatorului la bare poate fi făcută prin sincronizare automată precisă, în care scop s-a prevăzut o instalație de sincronizare automatică unică pe toată centrala, sau prin autosincronizare, cu releu individual pentru fiecare generator. Alegerea modului de sincronizare se realizează automat funcție de numărul generatoarelor conectate la bare. Autosincronizarea, din motive impuse de fabricantul generatoarelor, nu este permisă decît în cazul cînd pe bara la care se face sincronizarea nu este conectat nici un alt generator. În caz contrar este aleasă în mod automat sincronizarea automată precisă.

Deoarece centrala Roznov I este centrală de bază, cu porniri și opriri rare ale agregatelor, nu s-a prevăzut decît frînare mecanică, cu intrare automată în funcțiune la scăderea turației agregatului la 30—40% din turația nominală. Aplicarea frînelor la o turație mai mare ar conduce la o uzură accentuată a instalației de frînare (saboților), prăfuirea înfășurărilor generatorului etc., fără să aducă un aport deosebit, deoarece scăderea turației în prima fază a opririi se produce rapid și fără frînare.

La Sadu V, centrală cu regim de vîrf, cu porniri și opriri dese ale agregatului, în afară de frînarea mecanică a fost prevăzută și frînarea electrică. Frînarea mecanică acționează în acest caz numai ca rezervă a celei electrice. Frînarea electrică se realizează prin scurtcircuitarea bornelor generatorului neexcitat cu un separator cu comandă de la distanță și apoi se anclanșează automatul de dezexcitare rapidă și se excită generatorul la o valoare care să asigure un curent statoric aproximativ egal cu curentul nominal. Pierderile în fierul rotoric și statoric, precum și cele din înfășurarea statorică fac ca energia cinetică a agregatului neantrenat să se micșoreze rapid și agregatul se oprește. Pentru excitarea generatorului în regim de frînare se folosește un grup motor-generator separat, deoarece excitatricea este solidară cu axul agregatului.

Pentru ilustrarea modului de desfășurare a proceselor de pornire și oprire se dau în figura 4 diagramele ridicate în cazul unui agregat pornit și oprit automat, iar în figura 5 pentru același agregat, diagramele pentru pornire manuală și oprire de avarie. Operațiile manuale au fost realizate de un operator cu multă experiență. Se observă că la pornirea automată timpul s-a redus de la 12 minute și 20 secunde la 2 minute și 40 secunde, operațiile au fost executate cu precizie, iar șocul de curent la sincronizare precisă s-a redus la 50% din cel înregistrat

* Ulterior elaborării prezentei lucrări au fost operate alte cîteva modernizări ale schemei, care nu sînt menționate.

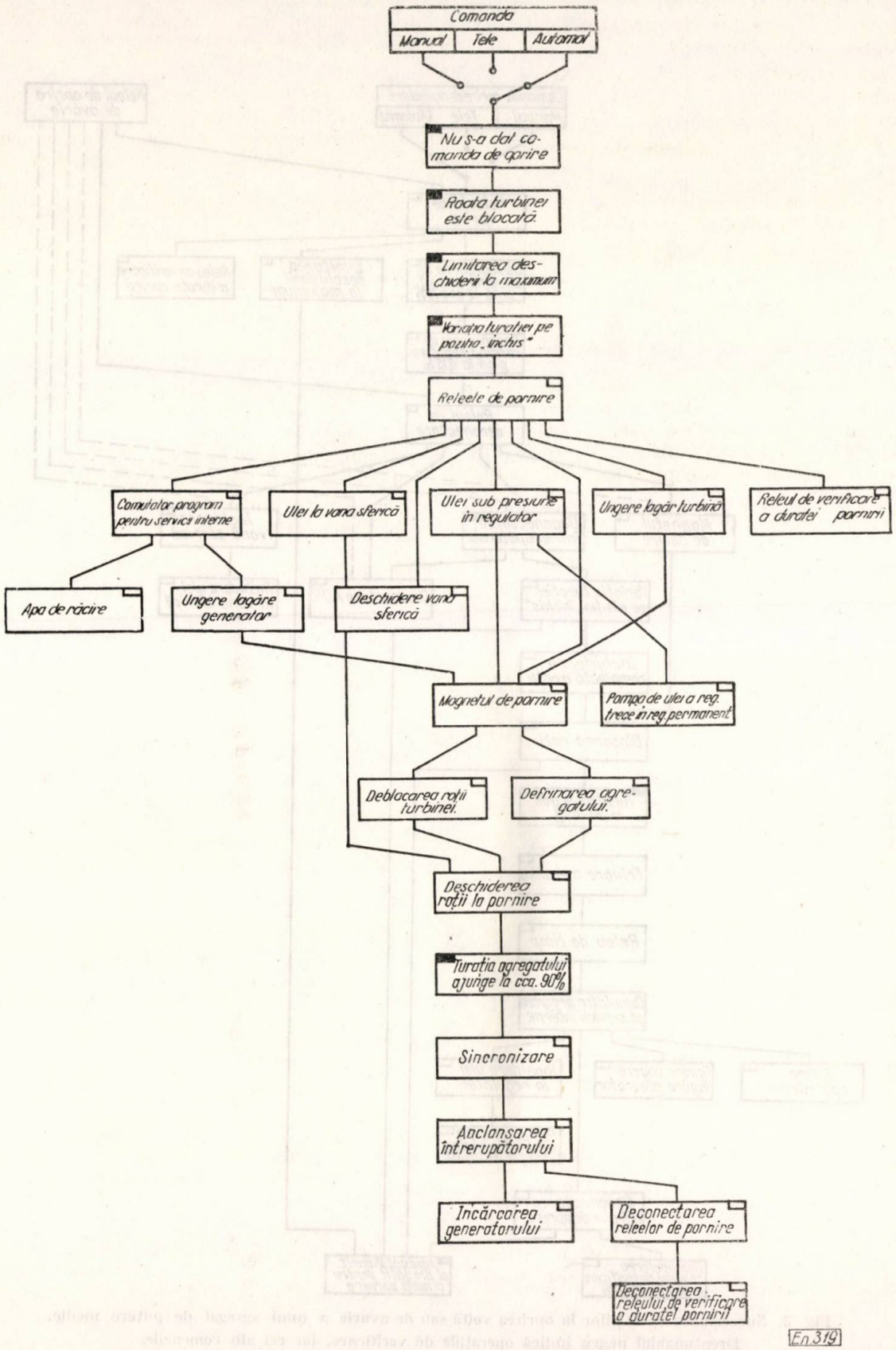


Fig. 2. Succesiunea operațiilor la pornirea unui agregat de putere medie. Dreptunghiul negru indică operațiile de verificare, iar cel alb comenzile.

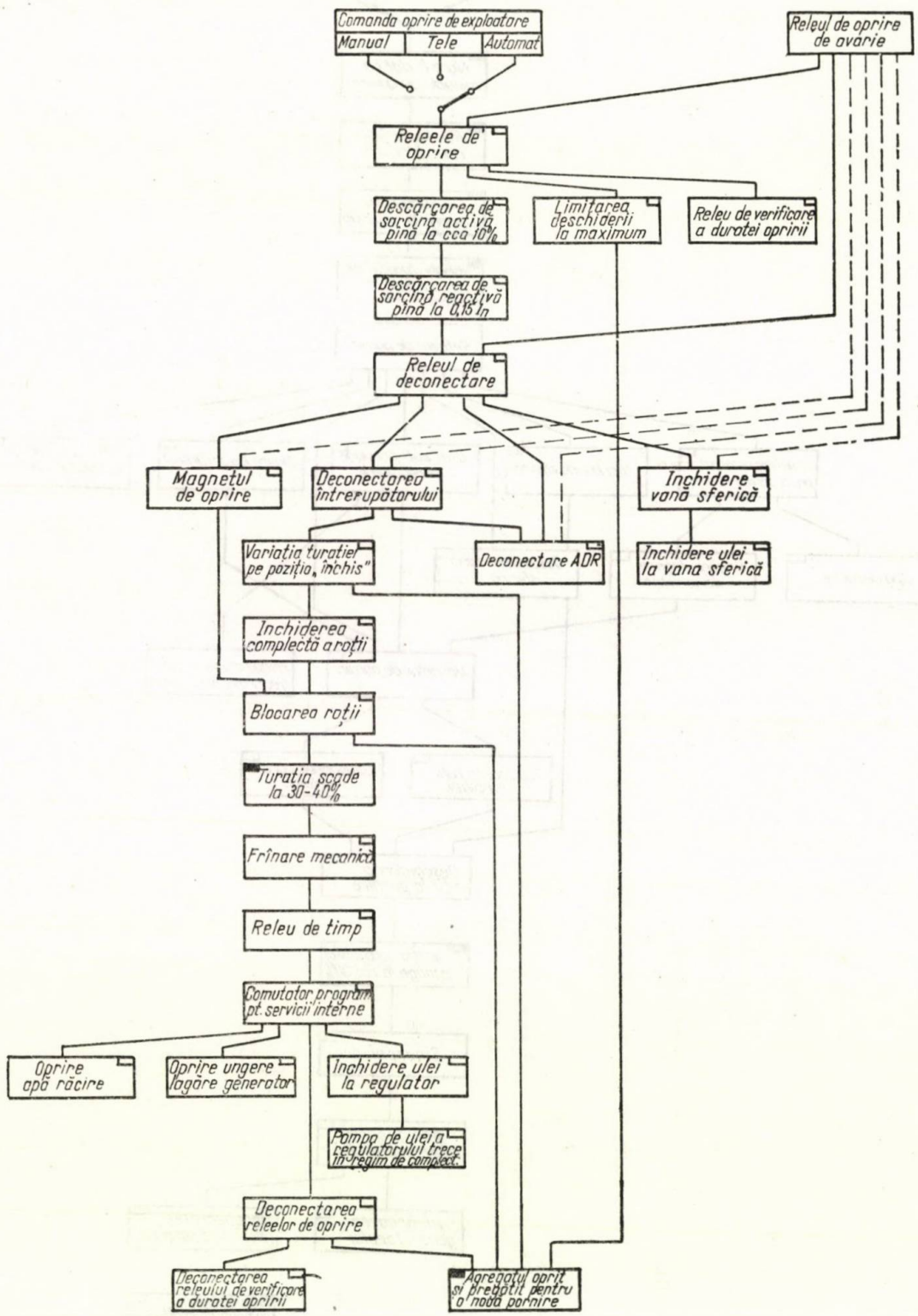


Fig. 3. Succesiunea operațiilor la oprirea voită sau de avarie a unui agregat de putere medie. Dreptunghiul negru indică operațiile de verificare, iar cel alb comenzile.

în cazul sincronizării manuale. Timpul total de oprire s-a redus de la 6 minute și 10 secunde la 4 minute și 20 secunde datorită frînării electrice.

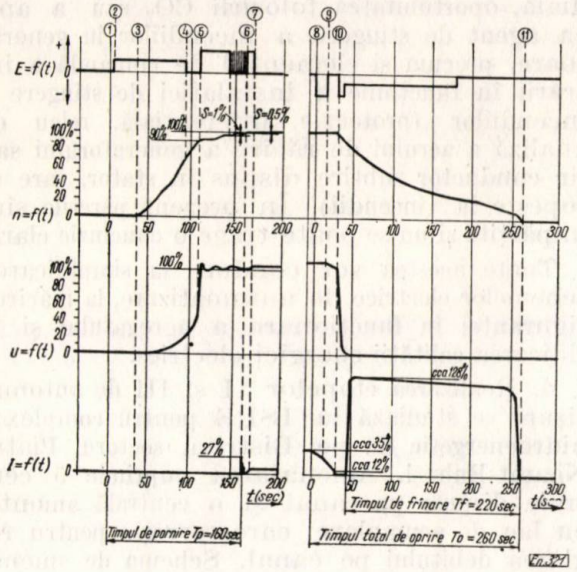


Fig. 4. Desfășurarea procesului de pornire și oprire automată a unui agregat cu frînare electrică :

$E = f(t)$ – turația agregatului
$u = f(t)$ – tensiunea la bornele generatorului
$I = f(t)$ curentul statoni

1 – comanda de pornire ; *2* – se aplică tensiunea la motorul de variație a turației ; *3* – agregatul începe să se rotească ; *4* – se întrerupe tensiunea la motorul de variație a turației. Agregatul își mărește viteza în continuare ; *5* – conectarea instalației de sincronizare automată precisă ; *6* – anclanșarea întreruptorului ; *7* – sfîrșitul procesului de pornire ; *8* – comanda de oprire ; *9* – finele operației de descărcare de sarcină activă ; *10* – finele operației de descărcare de sarcină reactivă. Declanșatorul întreruptorului și a ADR ; *11* – sfîrșitul procesului de oprire.

Reglajul tensiunii și puterii reactive a agregatelor este realizat prin regulatoare electromecanice cu amplificare hidraulică intermediară, regulatoare care, pînă în prezent, au dat rezultate mulțumitoare în exploatare.

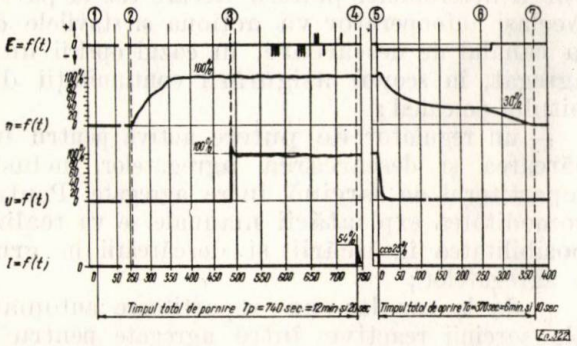


Fig. 5. Desfășurarea proceselor de pornire manuală și oprire de avarie cu frînare mecanică :

$E = f(t)$; $n = f(t)$; $u = f(t)$; $I =$ f (t) vezi fig. *4*. *1* – începe efectuarea comenzilor manuale ; *2* – agregatul începe să se rotească ; *3* – andansarea ADR ; *4* – anclanșarea întreruptorului ; *5* – comanda de oprire de avarie (declanșarea întreruptorului și ADR) ; *6* – intră în funcțiune frînarea mecanică ; *7* – sfîrșitul procesului de oprire de avarie.

La toate centralele realizate fiecare agregat este prevăzut cu protecție prin relee a generatorului, realizată conform normelor, și protecția părții hidromecanice împotriva tuturor defectelor care pot să apară. După gravitatea defectului detectat instalația de protecție dă un semnal de prevenire sau comandă oprirea de avarie a agregatului, cu realizarea succesiunilor indicate în figura 3.

Pentru stingerea incendiilor în generatoare la CHE—Roznov I și Sadu V a fost prevăzută cîte o instalație de CO_2 automatizată. La CHE—Roznov II stingerea incendiilor se face cu apă. Starea de pregătire a instalației este supravegheată în mod permanent, iar la apariția unui deranjament se dau semnalele corespunzătoare. Comanda de stingere a incendiilor poate fi dată fie manual, fie de la protecția diferențială a generatorului. Dată fiind lipsa datelor de exploatare, nu se pot trage concluzii asupra justeții elementelor de pornire alese. În mod cert nu orice defect care conduce la acționarea protecției diferențiale provoacă incendii în generator. În prezent însă, în majoritatea cazurilor, peste hotare se utilizează protecția diferențială a generatorului ca element de pornire a instalației de stingere a incendiilor, sau, în cazul absenței protecției diferențiale separate pe generator, prin protecția diferențială a blocului generator-transformator, cu blocare la acționarea releului de gaze a transformatorului. În aceste cazuri experiența altor țări arată că în 80—90% din cazuri instalația intră corect în funcțiune.

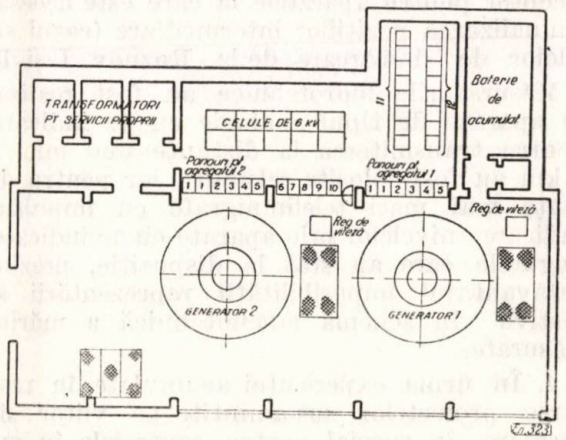


Fig. 6. Dispoziția panourilor în centrală :

1 – serviciile proprii ale agregatului ; *2* – turbina și instalațiile anexe ; *3* – generatorul ; *4* – semnalizările de avarie ale agregatului ; *5* – măsuri termotehnice și aparate înregistratoare ; *6* – limnigrafe ; *7* – descărcătorul ; *8* – instalația de sincronizare ; *9* – stația de conexiuni I.T. ; *10* – semnalizările generale ale întregii centrale ; *11* – servicii proprii generale ale c.c. și c.a ; 12 – contori și aparate înregistratoare, telemecanică și automatizare etapa II

Instalațiile de automatizare au fost astfel proiectate încît, în cazul unui defect în circuitele de automatizare este posibilă realizarea manuală a tuturor operațiilor care în mod normal se execută automat. Pentru aceasta comenzile au fost concentrate, pentru fiecare agregat, pe cîte 6 panouri duble, cu ușă în

față și spate, amplasate în sala mașinilor (fig. 6) și distribuite astfel :

2 buc. — servicii proprii;
1 buc. — turbină și instalații anexe ;
1 buc. — generator ;
1 buc. — semnalizări de avarie ;
1 buc. — măsuri termotehnice și aparate înregistratoare.

Prin utilizarea panourilor duble s-a obținut o suprafață mare de montaj pentru releele și aparatele de măsură și comandă pe o suprafață construită mică.

Comanda și supravegherea instalațiilor unice pe centrală, ca : stavilele de la canalul de descărcare, măsurătorile hidraulice de pe canalul de aducțiune sau din camera de încărcare, pompele de apă de infiltrație din centrală, instalația de sincronizare precisă etc., sînt concentrate pe panouri de aceeași construcție cu cele aferente agregatului, grupate separat și amplasate tot în sala mașinilor.

Semnalizările de poziție sînt realizate cu indicatoare de poziție electromagnetice pentru aparatele cu două stări stabile (vane, întreruptoare etc.) și prin cuplaj selsin emițător-receptor pentru aparatele la care este necesară semnalizarea pozițiilor intermediare (cazul stavilelor de descărcare de la Roznov I și II).

Măsurătorile hidrotehnice au fost realizate cu aparate de tipul analogic cu ac indicator. Pentru transmiterea la distanțe mai mici de 1 km au fost folosite selsinuri, iar pentru distanțe mai mari telelimnigrafe cu impulsuri. Indicarea nivelelor prin aparate cu ac indicator, singurele care au stat la dispoziție, prezintă dezavantajul imposibilității reprezentării sugestive în schema mnenotehnică a mărimii măsurate.

4. În urma experienței acumulate în realizarea proiectelor sus-amintite pe viitor sînt necesare, în special pentru centralele în curs de construcție pe Bistrița, unele îmbunătățiri. Dintre acestea se citează : micșorarea timpului de pornire a agregatului sub 1 minut, simplificarea schemelor hidromecanice ale agregatului și în special circuitele de ulei de ungere și apă de răcire, echiparea turbinelor cu regulatoare de viteză moderne, rapide și sensibile, adecvate pentru reglarea puterii active funcție de mai mulți parametri (nivel, debit, frecvența sistemului etc.) și utilizarea regulatoarelor de tensiune cu amplificatoare magnetice mai rapide și mai sigure decît tipurile electromecanice utilizate pînă în prezent. Natural aceste îmbunătățiri privesc atît fabrica constructoare a agregatelor cît și ISPE.

De asemenea se prevede înlocuirea măsurătorilor analogice, în special pentru mărimile hidrotehnice, prin măsurători cifrice cu aparate care să indice numeric valoarea mărimii măsurate. Astfel de aparate permit citirea corectă a mărimii măsurate și ocupă o suprafață mică pe fața panoului. Ele sînt indicate în special pentru telelimnigrafe cu transmitere prin impulsuri.

Se va analiza comparativ, pe baza experiențelor și a ultimelor realizări din tehnica mondială, oportunitatea folosirii CO_2 sau a apei ca agent de stingere a incendiilor în generatoare, precum și elementul de comandă a intrării în funcțiune a instalației de stingere a incendiilor (protecție diferențială, releu de analiză a aerului de răcire a generatorului sau fir conductor subțire dispus în stator, care se topește la incendii). În prezent părerile sînt împărțite și nu se poate trage o concluzie clară.

Toate acestea vor conduce la simplificarea schemelor electrice de automatizare, la mărirea siguranței în funcționare a agregatului și la ridicarea calității energiei electrice.

5. Realizarea etapelor II și III de automatizare se studiază la ISPE pentru complexul hidroenergetic de pe Bistrița, sectorul Piatra Neamț-Buhuși. Amenajarea cuprinde 5 centrale dispuse pe canal și o centrală amonte, cu lac de acumulare care servește pentru reglarea debitului pe canal. Schema de amenajare impune un regim de funcționare a centralelor care să asigure un debit constant pe cascadă (canal), de o valoare variabilă după program la anumite intervale de timp, program astfel fixat încît energia electrică debitată să fie maximă. Aceste condiții impun realizarea automată a operațiilor de pornire și oprire a agregatelor (respectiv centralelor) funcție de nivel, precum și încărcarea lor după aceeași mărime.

Va fi necesar deci să se prevadă pentru fiecare centrală :

— un autooperator pentru pornirea și oprirea grupurilor funcție de o serie de parametri ce vor fi determinați pentru fiecare caz în parte. Același autooperator va acționa și stavilele de la canalul de descărcare, în cazul opririi unui agregat, în scopul asigurării continuității debitului pe canal ;

— un regulator de putere activă pentru încărcarea și descărcarea agregatelor, inclusiv repartitorul de sarcină între agregate. Pentru comoditatea exploatării manuale se va realiza posibilitatea încărcării și descărcării în grup a agregatelor ;

— de la caz la caz repartitoare automate ale sarcinii reactive între agregate pentru a preîntîmpina suprasarcinile de curent la generatoare.

Dată fiind funcționarea după program a centralelor, ele nu vor putea fi centrale regulatoare de frecvență. În general agregatele de pe canal funcționează cu deschiderea turbinei limitată la valoarea debitului programat. Aceasta împiedică încărcarea, chiar pentru scurt timp, a agregatului la variația sarcinii electrice în sistem (fig. 7). La puteri mai mari decît

cea corespunzătoare valorii-limite a deschiderii agregatul funcționează după caracteristica sa naturală BA'.

Considerîndu-se că variațiile mici de debite de scurtă durată sînt admisibile pentru cen-

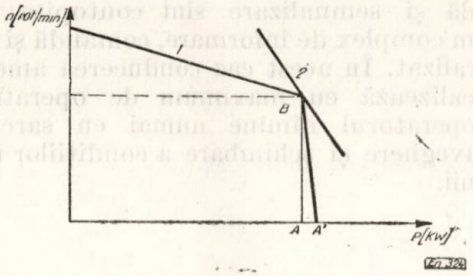


Fig. 7. Influența limitării deschiderii asupra participării agregatului la acoperirea variațiilor de sarcină din sistem.

tralele funcționînd pe canal, în viitor se va renunța la limitarea deschiderii. Funcționarea agregatelor se va face după caracteristica statică de reglare 2 (fig. 7) cu statism mare, stavor fi concentrate măsurile, comenzile și semnalizările necesare pentru realizarea unei exploatări corecte. Schema generală de amenajare a dispecerului este dată în figura 8.

În prima fază de realizare, operatorul (dispecerul), supraveghind aparatele de măsură (incluse în fig. 8 în blocul de măsură) și semnalizările primite de la centrale sau de la alte obiective ale amenajării, va lua hotărîrile pe care le consideră necesare și pe care fie le va comunica telefonic personalului din centrale, fie le va realiza singur prin rețeaua de telecomandă. Informarea telefonică implică prezența personalului de exploatare în centrale și de aceea este bine ca această fază să fie evitată, realizîndu-se de la început instalația de telecomandă o dată cu cea de telesemnalizare și telemăsură.

Date fiind complexitatea amenajării și operativitatea cerută de la dispecer, în a doua fază de realizare a etapei a III-a se va trece la introducerea celor mai moderne realizări ale tehnicii mondiale, și anume la utilizarea mași-

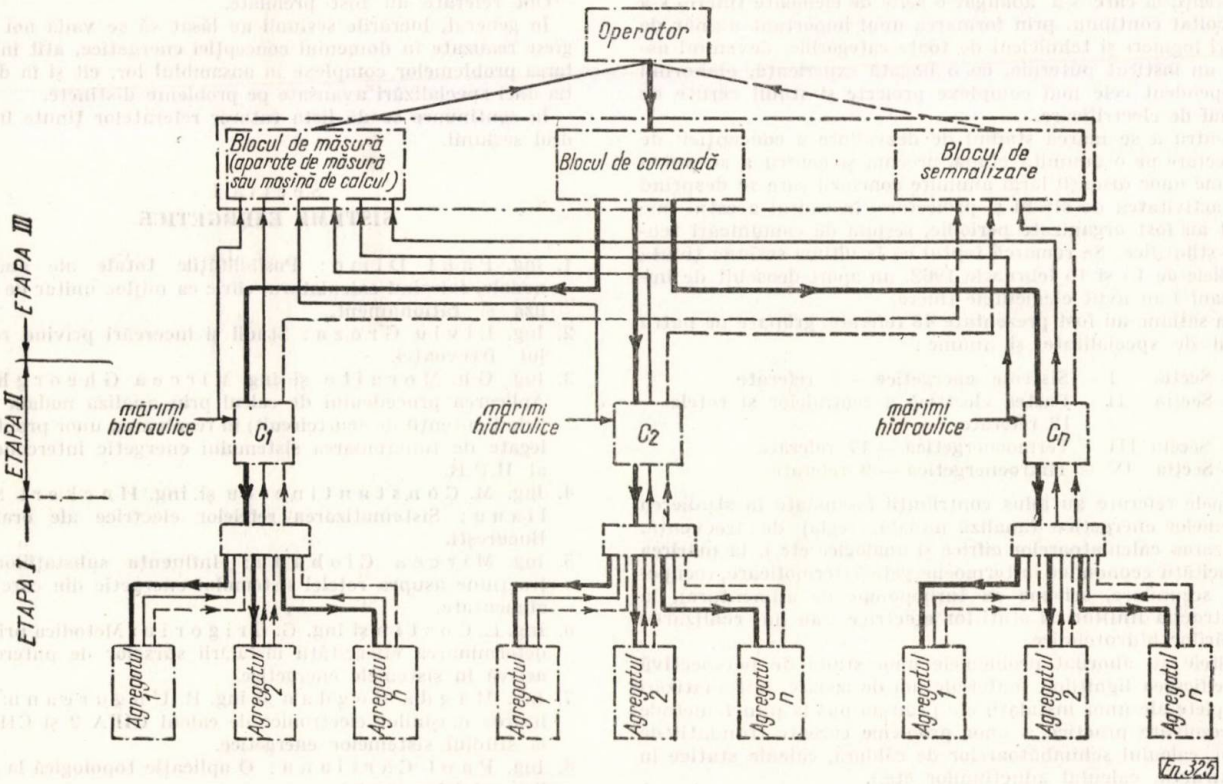


Fig. 8. Schema generală de realizare a conducerii prin dispecere a unei amenajări hidroenergetice complexe:
——— comenzi;
——— măsuri;
- - - - semnalizări.

bilit astfel încît să se realizeze un compromis acceptabil între necesitățile sistemului energetic și necesitățile canalului.

În etapa următoare, a III-a, se va realiza dispecerul hidroenergetic al amenajării, unde

nilor de calcul în următoarele variante posibile:

V a r i a n t a I — mașină analogică sau cifrică de calcul a dispecerului, cu ajutorul căreia acesta va putea stabili rapid și corect regimul

optim de exploatare a amenajării. În această variantă operativitatea dispecerului va fi micșorată prin timpul necesar introducerii datelor în mașină. Faptul că dispecerul nu primește în permanență indicații asupra regimului optim al amenajării, trebuind să-l determine singur, poate fi considerat de asemenea ca un dezavantaj al acestei variante.

V a r i a n t a II — mașina analogică sau cifrică de calcul cu legătură la instalațiile de telemăsură și telesemnalizare. În acest caz se realizează un sistem de informare central care indică în permanență atît starea prezentă a amenajării cît și cea optimă. În această variantă se elimină dezavantajele expuse la varianta I. Operatorul rămîne însă cu rolul de comandă a amenajării.

Excluderea completă a omului o realizează varianta III, în care blocurile de măsură, comandă și semnalizare sînt contopite într-un sistem complex de informare, comandă și reglare centralizat. În acest caz conducerea amenajării se realizează cu maximum de operativitate, iar operatorul rămîne numai cu sarcina de supraveghere și schimbare a condițiilor impuse mașinii.

CRONICĂ

Sesiunea de comunicări tehnico-științifice a Institutului de studii și proiectări energetice

Februarie 1962

Institutul de studii și proiectări energetice (ISPE) creat în anul 1949 pe baza unui mic nucleu de specialiști existenți, la care s-a adăugat o serie de elemente tinere, s-a dezvoltat continuu, prin formarea unui important număr de tineri ingineri și tehnicieni de toate categoriile, devenind astăzi un institut puternic, cu o bogată experiență, elaborînd independent cele mai complexe proiecte și studii cerute de planul de electrificare.

Pentru a se marca stadiul de dezvoltare a concepției de proiectare pe o anumită etapa, precum și pentru a se putea supune unor discuții largi anumite concluzii care se desprind din activitatea de studii și proiectare, în cadrul acestui institut au fost organizate periodic, sesiuni de comunicări tehnico-științifice. Se remarcă faptul că la ultima sesiune ținută în zilele de 15 și 16 februarie 1962, un aport deosebit de important l-au avut elementele tinere.

La sesiune au fost prezentate 48 referate, grupate pe patru secții de specialitate, și anume :

— Secția I — Sisteme energetice — 9 referate.
— Secția II — Partea electrică a centralelor și rețele — 12 referate.
— Secêia III — Termoenergetică — 17 referate.
— Secția IV — Hidroenergetică — 9 referate.

Unele referate au adus contribuții însemnate la studierea sistemelor energetice (analiză nodală, reglaj de frecvență, utilizarea calculatoarelor cifrice și analogice etc.), la mărirea eficacității economice în termoenergetică (termoficare, recuperări secundare, scheme cu turbopompe de alimentare), la construcția liniilor și stațiilor electrice sau la realizarea lucrărilor hidrotehnice.

Altele au abordat problemele unor studii de perspectivă (gazeificarea ligniților, materiale noi de izolare, automatizări complete ale unor instalații etc.) sau au pus la punct metode de rezolvare practică a unor probleme curente (fundații de stîlpi, calculul schimbătoarelor de căldură, calcule statice în construcții, calculul aducțiunilor etc.).

Au fost de asemenea prezentate lucrări de sinteză asupra stadiului tehnicii mondiale în diverse domenii (turbine de abur, turbine Pelton, linii electrice) sau lucrări de simplă prezentare a unor proiecte cu caracter deosebit (sistematizări de rețele urbane folosirea utilajelor speciale, izolări anticorosive etc.).

La consfătuire au participat invitați din M.M.E.E., T.C.M.E., Institutul de energetică al Academiei R.P.R., Institutul politehnic—București, C.S.P., I.C.M., întreprinderile regionale de electricitate și un număr mare de proiectanți din ISPE.

Pe marginea referatelor s-au purtat discuții interesante legate în special de eficiența termoficării, problema gazeificării ligniților, metodele moderne de calcul al rețelelor, proiecteletip de stații și posturi, liniile de foarte înaltă tensiune.

Opt referate au fost premiate.

În general, lucrările sesiunii au lăsat să se vadă noi progrese realizate în domeniul concepției energetice, atît în tratarea problemelor complexe în ansamblul lor, cît și în direcția unei specializări avansate pe probleme distincte.

În continuare se dă lista tuturor referatelor ținute în cadrul sesiunii.

Secția I
SISTEME ENERGETICE

1. Ing. P a u l D i m o : Posibilitățile totale ale analizei nodale, folosind calculatorul cifric ca mijloc unitar de analiză și raționament.
2. Ing. L i v i u G r o z a : Studii și încercări privind reglajul frecvenței.
3. Ing. G h. M o r a i t e și ing. M i r c e a G h e o r g h i u : Aplicarea procedeului de calcul prin analiza nodală (utilizînd curenții de scurtcircuit) în rezolvarea unor probleme legate de funcționarea sistemului energetic interconectat al R.P.R.
4. Ing. M. C o n s t a n t i n e s c u și ing. H u c k e r t S t e l i a n a : Sistematizarea rețelelor electrice ale orașului București.
5. Ing. M i r c e a C i o b a n u : Influența substațiilor de tracțiune asupra rețelei sistemului energetic din care sînt alimentate.
6. Ing. E. C o s t i n și ing. G. G r i g o r i u : Metodica privind determinarea eficacității instalării surselor de putere reactivă în sistemele energetice.
7. Ing. M a g d a B o g d a n și ing. B. U n g u r e a n u : Utilizarea mașinilor electronice de calcul CIFA 2 și CIFA 3 la studiul sistemelor energetice.
8. Ing. P a u l C a r t i a n u : O aplicație topologică la analiza rețelelor electrice.
9. Ing. M a r i u s C o n s t a n t i n e s c u : Supratensiuni de rezonanță bazate pe armonici în rețeaua de 5 kV a orașului București.

Secția II
PARTEA ELECTRICĂ A CENTRALELOR ȘI REȚELE

1. Ing. P. M i l i t a r u și ing. C. M a r i n e s c u : Construcția liniilor de foarte înaltă tensiune.
2. Ing. C. P e t r e s c u : Construcția liniilor de 220 kV în tehnica mondială și caracteristicile principale ale primei linii de 220 kV proiectată și construită în R.P.R.

3. Ing. D. Mark: Unele aspecte referitoare la modificarea prescripţiilor pentru prizele de punere la pămînt.
4. Ing. D. Bernfeld: Cercetări statistice ale sarcinilor de chiciură şi vînt acţionînd asupra liniilor electrice aeriene.
5. Ing. E. Costin: Perturbaţii ale liniilor de telecomunicaţii provocate de funcţionarea normală a liniilor de transport de j.t.
6. Ing. P. Columbeanu şi ing. L. Orendi: Studiul comportării protecţiei existente în reţeaua de 110 kV.
7. Ing. Al. Vaicum: Alegerea tipului de fundaţie în raport cu gradul de încastrare a stîlpului în teren la liniile electrice aeriene.
8. Ing. E. Tudor şi ing. D. Artanescu: Tipizarea stîlpilor de beton armat pentru liniile de 6—15, 35 şi 110 kV.
9. Ing. I. Cocora şi ing. A. Batler: Consideraţii asupra amplasării transformatoarelor de forţă la hidrocentralele subterane.
10. Ing. Gh. Ioniţă şi ing. En. Neniţă: Automatizarea centralelor hidroelectrice în R.P.R: realizări şi perspective.
11. Ing. M. Dragoe şi teh. A. Thuma: Reglarea automată a nivelului cu releu electronic tranzistorizat.
12. Ing. B. Stoieru şi ing. D. Voinea: Experienţa ISPE în problema tipizării staţiilor de transformare.

Secţia III

TERMOENERGETICĂ

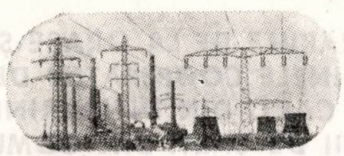
1. Ing. P. Constantinescu: Calculul termic al transformatoarelor de abur.
2. Ing. C. Trifu: Studiu privind acţionarea pompelor de alimentare în centralele cu parametri înalţi şi supraînalţi şi puteri unitare mari.
3. Ing. I. Nerescu: Alimentarea CTE cu gaze combustibile obţinute prin gazeificarea ligniţilor.
4. Ing. C. Staicu şi ing. I. Iftode: Funcţionarea turbinelor la vid înrăutăţit pentru termoficare urbană.
5. Ing. S. Rotaru: Studiu asupra cotei de amplasare a degazoarelor.
6. Ing. D. Popescu: Protecţii anticorosive în instalaţiile de tratare chimică a apei pentru centralele termoelectrice.
7. Ing. A. Paraschiv: Analiza indicilor economici ai centralelor nuclearoelectrice în comparaţie cu cei ai centralelor termoelectrice clasice în condiţiile R.P.R.
8. Ing. M. Klein: Degazor termic cu picurare cu rezervor vertical.
9. Ing. M. Grigorescu: Regulator automat de temperatură pentru boylere de termoficare.
10. Ing. M. Dragoe: Posibilităţile de automatizare a instalaţiilor de epurarea apei.
11. Ing. D. Rentea şi ing. C. Goldenberg: Unele aspecte ale măririi eficacităţii economice în termoenergetică.
12. Ing. V. Apostolescu: Probleme statice în proiectarea CTE—Luduş.
13. Arh. C. Călinescu: Posibilităţile de folosire a stîlpilor centrifugaţi în construcţia clădirilor de centrale termice.
14. Ing. S. Cristescu: Simplificări în calculul static prin funcţii caracteristice.
15. Ing. M. Voinea şi ing. M. Beldiman: Materiale pentru izolarea conductelor de termoficare urbană.
16. Ing. S. Ivan: Consideraţii asupra alegerii podurilor rulante în sala maşinilor la centralele termice construite în R.P.R.
17. Ing. Grecu Titus: Turbine cu abur de puter imari—realizări recente.

Secţia IV

HIDROENERGETICĂ

1. Ing. Gh. Opriş: Studiul actual al dezvoltării turbinelor Pelton.
2. Ing. Al. Mazilu: Calculul economic al aducţiunilor cu scurgere liberă.
3. Ing. Al. Vasiliu: Consideraţii asupra barajelor mixte de piatră şi pămînt.
4. Ing. M. Georgescu: Etanşarea şi consolidarea rocii de fundaţie la barajul „Izvorul Muntelui"—Bicaz.
5. Ing. A. Petcu: Măsurători de control pe baraje. Rezultate obţinute la barajele Negovanu şi V. I. Lenin.
6. Ing. S. Irimie: Priza tiroleză în funcţionare automată.
7. Ing. R. Mockesch: Plug gemen pentru săparea şi nivelarea taluzelor la lucrări mari.
8. Ing. V. Guja: Analiza investiţiilor pentru cazarea muncitorilor pe şantiere şi propuneri pentru folosirea mai economică a acestor investiţii.
9. Ing. M. Bogdan şi ing. I. Furman: Metoda grafo-analitică pentru întocmirea planurilor de exploatare şi utilizare a maşinii electronice de calcul CIFA 2 în calcule hidroenergetice.

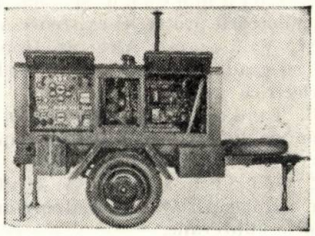
MŰSZAKI KÖNYVTÁR ORSZÁGOS

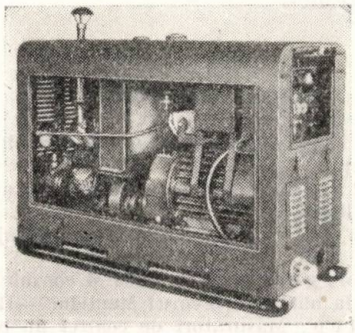


Surse de alimentare în regiuni rurale izolate

Grupuri electrogene cu motor Diesel pentru alimentarea cu energie electrică a micilor localități, ferme, mori, gatere sau ca surse de alimentare de rezervă în spitale, în uzine etc.

250 kVA	400/231 V
125 kVA	400/231 V
20 kVA	400/230 V
4 kVA trifazate	400/230 V sau 230/133 V
2,5 kVA monofazate	
50 Hz	





Exportator exclusiv :

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ PENTRU COMERȚUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTROTEHNIC

»Elektrim«

WARSZAWA 2, Czackiego 15/17, R. P. POLONĂ
Adresa telegrafică : Elektrim — Warszawa
Telefon : 6-62-71 • Telex. : 10415
Căsuța poștală 254

MUNCITORI TEHNICIENI INGINERI —

Editura tehnică publică cărți tehnice în următoarele domenii ale tehnicii și științelor aplicate : metalurgie, construcții de mașini și utilaje, energetică, electrotehnică, automatică, electronică industrială, radio, televiziune, telecomunicații cu fir, chimie, industrie chimică, geologie, mine, petrol și gaze, construcții, materiale de construcții, instalații, industria lemnului, industrie ușoară, industrie alimentară, transporturi, matematică, fizică, dicționare-lexicoane, arhitectură.

Cărțile apărute în Editura tehnică se pot procura:

• DIN LIBRĂRIILE DE LA ORAȘE ȘI SATE
• PRIN MAGAZINELE COOPERAȚIEI DE CONSUM
• PRIN DIFUZORII DE CĂRȚI DIN ÎNTREPRINDERI ȘI INSTITUȚII
• PRIN DIFUZORII DE CĂRȚI DIN COMUNE ȘI SATE

PENTRU A CONTRIBUI LA ÎMBUNĂTĂȚIREA ACTIVITĂȚII EDITORIALE CU PRIVIRE LA LITERATURA TEHNICĂ, TRIMITEȚI OBSERVAȚIILE ȘI PROPUNERILE DVS. LA:

EDITURA TEHNICA

Str. ȘTIRBEI VODĂ Nr. 37
RAIONUL „16 FEBRUARIE"
BUCUREȘTI

I. P. 2, c. 2168

MÜSZAKI KÖNYVTÁR ORSZÁGOS 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.316.262.001.1

Voinea D. и *Stoeru B.*: **Некоторые аспекты в связи с типизацией в РНР.**

В течение последних лет в ИСПЕ была проведена обширная работа по униформизации электрических и конструктивных решений для трансформаторных станций наиболее высокого напряжения 35 кв и 110 кв. В статье анализируются полученные результаты и перспективы развития этой деятельности в будущем.

Energetica, *10* (1962) № 7, стр. 265

ДК 621. 316. 925 :621.316.1

Moraite C. и *Gheorghiu M.*: **Соображения относительно реагирования при „ложных дефектах" дистанционной защиты благодаря явлению качания генераторных роторов.**

В статье освещаются результаты теоретического анализа работы дистанционной защиты в случаях аварий, вызываемых ударами активной силы, ведущими к значительному качанию роторов синхронных генераторов вблизи дефекта. Показано, что способ поузлового анализа (Димо) имеет существенные преимущества перед другими исследовательскими методами, отмеченными в специальной литературе.

Energetica, *10* (1962) № 7, стр. 276

ДК 621.313.325 :621.311.1.003

Costin E. и *Grigoriu G.*: **Определение экономической эффективности установки реактивных источников мощности в энергетических системах.**

Анализируются известные методы оценки эффективности реактивных силовых установок, в том числе находящиеся в силе указания по данному вопросу.

Предлагается методика определения экономической эфективности компенсации реактивной силы в энергетических системах. Рассматриваемая методика основана на современных принципах оценки экономической эффективности капиталовложений в социалистическую промышленность.

Energetica, *10* (1962) № 7, стр. 280

ДК 621.311.22 ; 621.34 : 621.65/68

Trifu C.: **Привод питательных насосов на высокомощных электростанциях.**

В статье освещаются опитамальные решения, примененные на ряде зарубежных электростанций (в основном в СССР и США), а также приводятся расчеты по определению наиболее экономиного решения для привода питательных насосов.

В результате сопоставления различных решений для привода питательных насосов вытекает, что наилучшим является привод с паровыми турбинами, на котором автор останавливается особенно подробно

Energetica, *10* (1962α) № 7, стр. 289

ДК 621. 181

Renţea D. и *Goldenberg C.*: **Ряд аспектов повышения экономической эффективности в теплоэнергетике.**

Обсуждаются энергетические аспекты ряда энергетических вопросов возникших в последнее время в РНР;

— использование малодебитных котлов с высокими показателями; выпуск в стране терплофикационных агрегатов на большой единичной мощности с высокими параметрами пара;

— рекуперирование в виде пара средных параметров тепловых отходов из топочного газа и сжигание древесных отходов вместе с другими видами топлива в котлах средних параметров.

Energetica, *10* (1962) № 7, стр. 297

ДК 621.311.21 :621.398 (498)

Ioniţă Gh. Neniţă E.: **Автоматизация ГЭС в Румынии. Достижения и перспективы.**

В статье рассматриваются достижения в области проектирования автоматических узлов румынских гидроэлектростанций, построенных или находящихся в стадии сооружения, причем дается критическая оценка трудностей, встречаемых в этой области.

Energetica , 10 (1962) № u, стр. 302

ХРОНИКА, стр. 310

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.316.262.001.1

Voinea D. und *Stoleru B.*: **Die Normung der Hochspannungs-Umspannerwerken in der R.V.R.**

In den letzten Jahren richtete das Institut für Plenung energiewirtschaftlicher Anlagen seine Aufmerksamkeit auf die Vereinheitlichung und Normung der elektrischen Schaltbilder und konstruktiven Lösungen von 35 kV-und 110 kV — Umspannwerken. Es werden die bisheringen Ergebnisse und die Entsicklungsaussichten dieser Bestrebungen dargelegt.

Energetica *10* (1962) H. 7, S. 265

DK 621.316.925

Moraite G. und *Gheorghiu M.*: **Betrachtungen über das Ansprechen des Fernschutzes bei Scheinstörungen infolge von Pendelerscheinungen in den Generatorläufern.**

Der Aufsatz enthält Schlussfolgerungen einer Untersuchung der Arbeitsweise des Fernschutzes im Falle von, durch Wirkleistungsstösse hervorgerufenen Störungen, die zu starken Pendelerscheinungen der Störungsstelle benachbarten Läufer der Generatoren führen. Es wird darauf hingewiesen dass die Knotenpunktanalyse (nach DIMO) für derartige Untersuchungen bedeutende Vorteile gegenüber anderen in der Fachliteratur erwähnten Verfahren bietet.

Energetica 10 (1962) H. 7, S. 276

DK 621.313.325 : 621.311.1.003

Costin E. und *Grigoriu G.*: **Die Bestimmung der Wirtschaftlichkeit von Phasenschiebern in Verbundnetzen.**

Die bekannten Berechnungsverfahren der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Blindleistungsanlagen in Verbundnetzen sowie die in diesem Gebiet bestehenden Vorschriften werden untersucht und ein neues Verfahren erörtert. Der Vorschlag fusst auf modernen Bestimmungsgrundsätzen der wirtschaftlichen Wirkung von Investitionen.

Energetica, *10* (1962) H. 7 S. 280

DK 621.311.22 :621.34; 621.65/68

Trifu Constanţa: **Der Antrieb vom Pumpanlagen in Hochleistungskraftwerken.**

Es werden die besten in ausländischen Kraftwerken für den Antrien von Pumpanlagen angewendeten Lösungen sowie Berechnungsverfahren der wirtschaftlichsten Lösung angegeben. Aus dem Vergleich der verschiedenen Antriebsarten der Speisepumpen ergibt sich als optimale Lösung der Dampfturboantrieb, worauf ausführlich eingegangen wird.

Energetica *10* (1962) H. 7, S. 289

DK 621.181

Renţea D. und *Goldemberg C.*: **Zur Frage der Erhöhung in wirtschaftlichkeit in der Wärmekraftwirtschaft.**

Die energiewirtschaftlichen Merkmale einiger in letzter Zeit in der RVR aufgetretener Fragen werden erörtert, deren Lösung bedeutende wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt. Es handelt sich vor allem um: Verwendung kleiner Kessel für hohe Dampfzustände, Aufnahme des Bans kleiner Fernheizkessel für höhe Dampfzustände, Verwendung von Abhitzekesseln mit mittleren Dampfzuständen und Verfeuerung von Holzabfällen und anderer geringwertiger Brennstoffe in Kesseln für mittlere Dampfzustände. Die vorgeschlagenen Massnahmen sind geeignet die Wirtschaftlichkeit in der Wärmekraftwirtschaft bedeutend zur erhöhen und grosse Brennstoffmengen einzusparen.

Energetica *10* (1962). H. 7 S. 297

OK 621,311.21 :621.398

Ioniţă Gh. und *Neniţă E,*: **Die Automatisierung der Wasserkraftwerke in der RVR. Geleistetes und Aussichten.**

Der Aufsatz beschreibt die bisher in Rumänien gebauten oder in Bau befindlichen Automatisierungsanlagen von Wasserkraftwerken, wobei einige aufgetretene Schwierigkeiten erörtert werden.

Energetica *10* (1962) H. 7, S. . . 302

CHRONIK, S. 310

SOMMAIRE

CD 621.316.262.001.1

Voinea D. et *Stoleru B.* : **Certains aspects concernant la typisation dans la R.P.R.**

Ces dernières années, à l'Institut d'études et de projets énergétiques (I.S.P.E.), on a intensément travaillé dans le domaine de l'uniformisation des solutions électriques et de construction pour les stations de transformateurs à la plus haute tension de 35 kV et 110 kV. Dans le présent article, on analyse les résultats déjà obtenus et de même les perspectives d'avenir de cette action.

Energetica, *10* (1962) nr. 7, p 265

CD 621.316.925 : 621.316.1

Morainte G. et *Gheorghiu M.* : **Considérations sur l'actionnement à „faux défauts" de la protection à distance à cause du phénomène de pendulation des rotors de générateurs.**

On présente les conclusions de l'analyse théorique du fonctionnement de la protection à distance dans le cas des avaries provoquées par des chocs de puissance active qui mènent à des pendulations importantes des rotors des générateurs synchrones dans la proximité du défaut. Il est montré que le procédé de l'analyse nodale (Dimo) a des avantages considérables par rapport à d'autres procédés d'étude mentionnés dans la littérature de spécialité.

Energetica, *10* (1962) nr. 7, p 276

CD 621.313.325 :621.311 :1.003

Costin E. et *Grigoriu G.* : **Détermination de l'efficacité économique de l'installation des sources de puissance réactive dans les systèmes énergétiques.**

On analyse les méthodes connues d'évaluation de l'efficacité de l'installation de la puissance réactive et les instructions en vigueur traitant de ce problème.

On présente une méthode complexe pour déterminer l'efficacité économique de la compensation de la puissance réactive dans les systèmes énergétiques. La méthode proposée se fonde sur les principes modernes d'évaluation de l'efficacité économique des investissements dans l'industrie socialiste.

Energetica, *10* (1962), nr. 7, p. 280

CD 621.311.22 ;621.34 :621.65'68

Trifu C. : **Actionnement des pompes d'alimentation dans les centrales électriques de grande puissance.**

Dans cet article on montre les meilleures solutions appliquées dans les centrales étrangères (surtout en U.R.S.S. et aux U.S.A.). On donne également les calculs pour déterminer la plus économique solution d'actionnement des pompes d'alimentation.

En comparant les diverses solutions, il en résulte que la meilleure est l'actionnement par turbines à vapeur, que l'on analyse en détail.

Energetica, *10* (1962) nr. 7, p. 289

CD 621.181

Rențea D. et *Goldemberg C.* : **Certains aspects de l'accroissement efficient économique en thérmo-énergetique.**

On développe les aspects énergetiques d'une série de problèmes qui se sont imposés dans la R.P.R.

— emploi des caudiéres à petits débits et à performances supérieures ; réalisation en R.P.R. des agrégats de thermification à petites puissances unitaires et paramètres élevés des vapeurs ;

— récupération sous forme de vapeur aux paramètres moyens de la chaleur résiduaire des gaz de combustion et combustion des déchets de bois et d'autres combustibles dans des chaudières aux paramètres moyens.

Energetica, *10* (1962) nr. 7 p 297

CD 621,311.21 :621.398 (498)

Ioniță Gh. et *Neniță E.* : **Automation des centrales hydroélectriques dans la R.P.R. Réalisations et perspectives.**

Dans cet article les auteurs exposent les réalisations dans le domaine de l'automation des centrales hydroélectriques construites ou en cours de construction dans la R.P.R. On fait des appréciations critiques sur les difficultés surgies dans ce nouveau domaine d'activité.

Energetica, *10* (1962) nr. 7, p 302

CHRONIQUE, p. 310

CONTENTS

DC 621.316.262 001.1

Voinea D. and *Stoleru B.* : **Some typification problems in the R.P.R.**

A constant activity has been conducted at the Institute for Power Studies and Designing over the last few years for standardizing the electric and constructive solutions concerning the transformer stations whose highest tension is 35 kV and 110 kV.

The paper analyses the results so for obtained and development prospects.

Energetica, *10* (1962) nr. 7, p 265

DC 621,316.925 : 621.316.1

Moraite G. and *Gheorghiu M.* : **Some considerations concerning the behaviour to „false foults" of the distance protection in the case of swinging phenomenon occuring in the generator rotors.**

This paper presents the conclusions drawn from the theoretical analysis of the way the distance protection works in the case of damage caused by the active power shocks leading to important swinging of rotors in synchronous generators. The considerable advantages are shown of the nodal analysis (Dimo) over other investigation methods mentioned in the literature.

Energetica, *10* (1962) nr. 7, p. 276

DC 621.313.325 :621.311 :1.003

Costin E. and *Grigoriu G.* : **Determining the economic effectiveness of the installation of reactive power sources in power systems.**

The current methods of estimating the effectiveness of the installation of the reactive power as well as the directions now in use relating to this problem are being analysed.

Several methods are given for determining the effectiveness of the compensation of the reactive power in power systems. These methods are based on modern principles concerning the estimation of the economic efficiency of investments in the socialist industry.

Energetica , *10* (1962) nr. 7, p 280

DC 621.311.22 : 621.34 : 621.65/68

Trifu C. **The drive of feed pumps in high-power electric stations.**

After describing the best solutions adopted for the foreign stations (especially in the U.S.S.R. and the U.S.A.), the author gives the calculus relating to the determination of the most economic solution for the drive of feed pumps.

From the comparative analysis of different solutions, it is concluded that the use of steam turbines to drive the feed pumps appears to be the best, being therefore largely discussed.

Energetica, *10* (1962) nr. 7, p 289

D.C. 621.181

Rențea D. and *Goldemberg C.* : **Some aspects concerning the increased economic effectiveness in thermo-energetics.**

Some power aspects of different problems connected with the introduction of new technics are discussed, namely :

— the use low los-capacity boilers sith superior performances ; the production of thermification aggregates of low unitary powers and high steam parameters in the R.P.R. ;

— the recovery as medium parameter steam of heat wastes from combustion gases and the burning of woody wastes together with other fuels in medium parameter boilers.

Energetica, *10* (1962) nr. 7, p 297

D.C. 621.311.21 : 621'398 (498)

Ioniță Gh. and *Neniță E.* : **The automation of hydroelectric power stations in the R.P.R. Achievements and prospects.**

The authors describe some achievements obtained in designing the automation elements of hydroelectric stations already built or in process of construction in our country. Some critical observations are made concerning the difficulties met with in this new field of activity.

Energetica, *10* (1962) nrr. 7, p 302

CRONICLE, p. 310

(Continuare de pe coperta a II-a)

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficient, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitent a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text, indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se vor face cu grijă, evitîndu-se excese. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. **Forma exterioară a lucrării**

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor.* Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule ,minuscule sau cele rusești, romane, grecești, gotice etc. Numerotarea formulelor se va face în dreapta, în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Eplicația figurilor se face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea.* Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A_4 și cu plicul conținînd materialul grafic ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica : titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului. nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

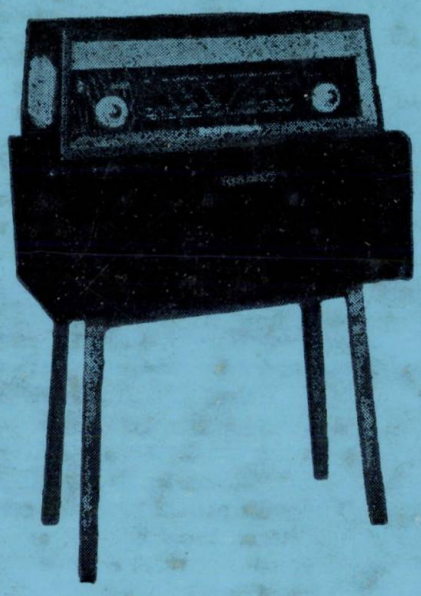
3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

Radioreceptorul

FANTEZIA

cu picup



- picup GE-56 cu 3 viteze și oprire automată
- 3 + 2 tuburi electronice
- indicator optic de acord
- 2 difuzoare de 2,5 VA
- 3 game de unde
- reglaj de ton

PREZENTAT ÎNTR-O CASETĂ ARMONIOS ÎMBINATĂ ȘI CU LINII MODERNE, CREEAZĂ O AMBIANȚĂ PLĂCUTĂ ORICĂRUI INTERIOR.

Electronica

Întreprindere industrială de stat pentru piese și aparate de radio, televizoare și electronică industrială

E 2039

R

REFERATIVĂ

ENERGETICA

8

Energetica — Vol. 10 — august nr. 8/1962 — p. 313-360 — București

1962

RECOMANDĂRI PRIVIND ÎNTOCMIREA ARTICOLELOR TEHNICO-ȘTIINȚIFICE

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. *Lucrări* ce pot fi prezentate spre publicare :

1.1.1. *de importanță generală* (principii noi, dispoziții noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite ale unor fenomene fizice și procese tehnice cu caracter general) ;

1.1.2. *tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale* avînd contribuții originale dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilității unor dispoziții, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) :

1.1.3. *tehnice obișnuite* (expunerea stadiului unor probleme tehnico-științifice, discuții și critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. *Legătura cu practica* muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

1.3. *Verificarea experimentală* se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. *Lucrările* care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. *Organizarea* lucrării

2.1.1. *Titlul* va prezenta în minimum de cuvinte obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6 – 8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărțirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor și înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul*. În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției, de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obținute, cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text ; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate*. Afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrșitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziția lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. *Prezentarea* lucrării

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stil*. Redactarea va fi clară și concisă. Ortografia va fi în concordanță cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepția celor unanim recunoscute.

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Sînt suficiente, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. El trebuie să completeze expunerea din text și va fi referit cu grijă în text, indicîndu-se sursa lui.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se vor face cu grijă evitîndu-se excesele. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. *Forma exterioară a lucrării*

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități*. Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor*. Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, gotice etc Numerotarea formulelor se va face în dreapta în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare .

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), atît speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10 – 12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea*. Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A4 și cu plicul conținînd materialul grafic-ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica : titluri academice, funcțiuni, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

ENERGETICA

ANUL 10 Nr. 8 AUGUST 1962

CUPRINS

CZ 662.61 :662.753.3

Ungureanu, C.: **Pulverizarea combustibililor cu ajutorul injectoarelor pneumatice de joasă presiune**

Se expune matematic teoria descompunerii vînei şi aplicarea teoriei similitudinei la fenomenele de pulverizare, după care se descrie o instalaţie experimentală şi se arată rezultatele obţinute în pulverizarea diferitelor lichide. Scopul final este pulverizarea păcurii.

Energetica, 10 (1962) nr. 8, p. 313–319

CZ 621.316.262 : 621.314.22

Buhuş, P.: **Regimuri economice de funcţionare în paralel a transformatoarelor cu trei înfăşurări**

Se tratează, în articol, problema determinării încărcărilor la care devine economic să se modifice numărul de transformatoare cu trei înfăşurări care funcţionează în paralel într-o staţie. Se analizează atît cazul transformatoarelor identice cît şi cazul mai general al transformatoarelor cu puteri sau caracteristici diferite.

Energetica, 10 (1962) nr. 8, p. 319–325

ÎN AJUTORUL TINĂRULUI INGINER

CZ 621.317.372.

Ionaşcu, Gh.: **Măsurători în reţele cu neutrul izolat sau compensat prin bobine de stingere**

În articol se prezintă măsurătorile în reţele cu neutrul izolat în vederea unei compensări corecte.

Energetica, 10 (1962) nr. 8, p. 325–341

DISCUŢII

621.316.727 :621.319.4

Doran, M.: **Unele aspecte al calculului eficacităţii compensării puterii reactive, cu condensatoare statice**

Se arată în articol influenţa cantitativă pe care o au instalaţiile de compensare deja existente în sistem, asupra calculului de eficacitate.

Se face o propunere pentru eliminarea acestei influenţe, păstrîndu-se corectitudinea metodei de calcul a eficacităţii compensării.

Energetica, 10 (1962) nr. 8, p. 341–344

CZ 621.311.727 :621.319.4

Vladimir, N.: **Consideraţii în legătură cu timpul de amortizare a instalaţiilor de baterii de condensatoare statice pentru compensarea puterii reactive în întreprinderile industriale**

Plecînd de la relaţii cunoscute ale unei instrucţiuni privind eficacitatea compensării puterii reactive, se stabileşte dependenţa timpului de recuperare de puterea reactivă compensată. Un exemplu numeric ilustrează, pentru trei cazuri particulare, această dependenţă.

Se fac recomandări pentru noile instrucţiuni ce urmează să se întocmi.

Energetica, 10 (1962) nr. 8, p. 344–347

ÎN AJUTORUL PRODUCŢIEI

Georgescu, G. şi *Filitti, D.*: **Aspecte privind mica mecanizare a lucrărilor de montaj la centralele termoelectrice**

Energetica 10 (1962) nr. 8, p. 348–351

ENERGETICA PESTE HOTARE, p. 352–356

RECENZII, p. 356–357

CRONICĂ, p. 357–358

DOCUMENTARE, p. 358–360

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU,** redactor responsabil, conf. ing. **MIHĂILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. B DEA,** prof. ing. **M. BERCOVICI,** membru corespondent al A demiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂL CEANU,** conf. ing. **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** laur al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru cor pondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU.** conf. ing. **MOLDOVEANU,** prof. ing. **C. PENESCU,** ing. **T. POPA,** ing. **SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

ENERGETICA

ANUL 10
1962
Nr. 8
AUGUST

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

Pulverizarea combustibililor cu ajutorul injectoarelor pneumatice de joasă presiune

*CORNEL UNGUREANU** – Timişoara

Descoperirea de rezerve uriaşe de gaze naturale şi petrol, dezvoltarea industriei extractive şi prelucrătoare a acestor combustibili a făcut ca în energetica industrială ponderea specifică a acestor combustibili să fie în continuă creştere.

În energetică, combustibilul lichid utilizat aproape în exclusivitate este păcura, reziduu provenit din distilarea şi cracarea petrolului. Păcura este un combustibil aproape lipsit de cenuşe şi care poate fi ars cu un coeficient de excedent de aer redus ($\lambda_f = 1{,}05 - 1{,}2$), cu încărcări termice ale focarului înalte, şi mai ales, în anumite condiţii corespunzătoare, fără pierderi de căldură datorită arderii chimice şi mecanice incomplete.

Pentru asigurarea unor condiţii corespunzătoare desfăşurării procesului de ardere păcura, în prealabil, se pulverizează cu ajutorul injectoarelor.

În articolul de faţă se face o analiză a teoriilor descompunerii vînei de lichid şi se indică metoda de stabilire a criteriilor de similitudine, care caracterizează procesul de pulverizare.

1. Teoria descompunerii vînei

Deşi fenomenul descompunerii vînei de lichid a constituit obiectul unei serii de cercetări teoretice şi experimentale în ultimii 100 de ani, totuşi pînă acum nu s-a elaborat o teorie generală, pe baza căreia să fie posibilă determinarea dinainte (apriori) a gradului de pulverizare pentru diferite construcţii de injectoare, caracteristici ale combustibililor, şi condiţii de lucru.

Prima analiză a instabilităţii vînei de lichid a fost făcută de Rayleigh [1], care a folosit metoda micilor oscilaţii. El a studiat vîna de lichid ideal (fără viscozitate) supusă la oscilaţii rotativ simetrice sau elicoidal simetrice şi a arătat că descompunerea vînei de lichid are loc cînd lungimea de undă a oscilaţiei depăşeşte lungimea circonferinţei jetului de lichid neperturbat. Lungimea de undă pentru care perturbarea suprafeţei creşte cu cea mai mare viteză, deci duce la cea mai mare nestabilitate a vînei, este dată de relaţia:

$$l_{opt} = 2a\pi\sqrt{2}, \qquad (1)$$

iar viteza optimă de creştere a excitaţiei în timp:

$$\mu_{opt} = \sqrt{\frac{\sigma}{6a^3\rho_l}}, \qquad (2)$$

în care:

σ este tensiunea superficială, kgf/m²;
ρ_l — masa specifică a lichidului, kgf s²/m⁴;
a — raza orificiului diuzei, m.

Tyler [2] confirmă experimental concluziile lui Rayleigh, pentru lichide cu viscozitate redusă.

Cercetările experimentale ale lui Haenlein [3] arată că forma de descompunere a vînei de lichid, vîscos sau nevîscos, depinde de viteza jetului şi de proprietăţile fizice ale lichidului, cum sînt tensiunea superficială σ, densitatea ρ şi viscozitatea dinamică η.

Aceste cercetări l-au îndemnat pe Weber [4] să studieze din punct de vedere teoretic descompunerea unei vîne de lichid. El a dezvoltat teoria lui Rayleigh la lichide vîscoase, care se scurg cu viteză mare. În cazul vînei de lichid care se mişcă în aer, adică cînd descompunerea

* Ing. *C. Ungureanu* este şef de lucrări la Institutul politehnic din Timişoara.

ei are loc sub influența tensiunii superficiale și a forțelor exterioare ale mediului, folosind integrala de timp pentru potențialul hidrodinamic al vitezei curentului de aer ce înconjură vîna de lichid, Weber stabilește următoarea ecuație pentru descompunerea vînei :

$$\mu^2 + \mu \frac{3\eta}{\rho a^2} \rho^2 = \frac{\sigma}{2\rho a^3}(1-\rho^2)\rho^2 + \frac{\rho_g w^2}{2\rho a^2}\rho^3 f_0(\rho) \tag{3}$$

În relația (3), $f_0(\rho)$ are următoarea semnificație :

$$f_0(\rho) = \frac{-i H_0^1(i\rho)}{H_1^1(i\rho)} > 0 , \tag{4}$$

iar H_0^1 și H_1^1 sînt funcțiile lui Hankel după Jahnke-Emde.

Teoria cea mai nouă referitoare la descompunerea vînei de lichid a fost propusă de Tomotika [5]. Deoarece Tomotika s-a ocupat de injectarea unui fluid în altul la viteze relativ mici, s-a considerat important raportul dintre parametrii viscozității și s-a luat viteza vînei egală cu zero.

În lipsa vitezelor relativ mari, s-au putut rezolva cu precizie ecuațiile hidrodinamice linearizate ale funcției curentului (una pentru vînă și cealaltă pentru mediul înconjurător), care se exprimă prin funcții Bessel de ordinul 1 de argument imaginar. Folosind condițiile la limită și neglijînd influența forțelor de inerție, s-a dedus următoarea ecuație pentru lungimea de undă a excitației, care crește cel mai repede :

$$\mu = \frac{1-\rho^2}{\eta}\sqrt{2\rho a\sigma}\, G(\rho, \eta'/\eta) \tag{5}$$

unde $G(\rho, \eta'/\eta)$ este o funcție transcendentă complicată.

În cazul injectoarelor de tip turbionar sau rotative, lichidul iese din orificiu în formă de peliculă. Analiza distrugerii peliculei a fost făcută în lucrările [7] și [8], în baza propunerii clasice a lui Lamb [9], care presupune că pelicula este bidimensională, iar viteza peliculei este constantă în raport cu mediul înconjurător.

Comparînd cercetările teoretice care privesc descompunerea vînei de lichid, se poate afirma că cea mai completă este aceea a lui Weber. Desigur, justețea acestor teorii poate fi clarificată numai în măsura în care prelucrarea datelor experimentale le confirmă.

2. Aplicarea teoriei asemănării la fenomenele de pulverizare

Pînă în prezent nu a fost posibilă stabilirea legilor pulverizării complexe. Aplicarea analizei matematice se mărginește, în general, la formularea problemei, adică la stabilirea ecuațiilor diferențiale și a condițiilor de contur. Rezolvarea acestor ecuații este posibilă numai în cîteva cazuri speciale și cu o serie întreagă de ipoteze simplificatoare. O soluție analitică completă a problemei referitoare la dimensiunile picăturilor prezintă greutăți considerabile din două motive :

a. Nu se cunoaște cu precizie lungimea undelor și intensitatea oscilațiilor care există în jet și care depind de condițiile inițiale ale scurgerii jetului prin injector, de construcția injectorului, de prelucrarea și starea suprafețelor etc.

b. Picăturile ce se obțin sînt rezultatul unui proces complex de granulare a picăturilor formate în spațiul de schimb [10].

Din motivele arătate mai sus, posibilitatea unei rezolvări analitice complete a problemei este exclusă. De aceea, studierea pulverizării se face pe cale experimentală, iar rezultatele obținute, în baza teoriei similitudinii, sînt generalizate pentru sisteme dinamic asemenea.

Să presupunem că există două sisteme dinamic asemenea între ele. Toate mărimile care se referă la primul sistem le vom nota cu indicele ('), iar cele care se referă la cel de-al doilea sistem, cu indicele ('). În acest caz pornind de la ecuația (3) și înlocuind $\rho = \frac{2\pi a}{l}$ se obține pentru primul sistem :

$$\mu'^2 + \mu' \frac{3\eta'}{\rho_l' a'^2}\left(\frac{2\pi a'}{l'}\right)^2 = \frac{\sigma'}{2\rho_l' a'^3}\left[1 - \left(\frac{2\pi a'}{l'}\right)^2\right]\left(\frac{2\pi a'}{l'}\right)^2 + \frac{\rho_g' w'^2}{2\rho_l' a'^2}\left(\frac{2\pi a'}{l'}\right)^3 f_0'\left(\frac{2\pi a'}{l'}\right) , \tag{6}$$

iar pentru al doilea sistem :

$$\mu''^2 + \mu'' \frac{3\eta''}{\rho_l'' a''^2}\left(\frac{2\pi a''}{l''}\right) = \frac{\sigma''}{2\rho_l'' a''^3}\left[1 - \left(\frac{2\pi a''}{l''}\right)^2\right]\left(\frac{2\pi a''}{l''}\right)^2 + \frac{\rho_g'' w''^2}{2\rho_l'' a''^2}\left(\frac{2\pi a''}{l''}\right) f_0''\left(\frac{2\pi a''}{l''}\right) . \tag{7}$$

Deoarece procesele considerate sînt asemenea, aceasta înseamnă că în punctele asemenea ale spațiului și în momentele asemenea ale timpului, o mărime oarecare φ' a primului fenomen este proporțională cu o mărime de același fel φ'' a celui de-al doilea fenomen, adică :

$$\mu'' = C_\mu \mu' ; \quad a'' = C_a a' ; \quad \rho_g'' = C_{\rho_g}\rho_g' ;$$

$$\eta'' = C_\eta \eta' ; \quad w'' = C_w w' ; \quad l'' = C_l l' ;$$

$$\rho_e'' = C_{\rho_e}\rho_e' ; \quad \sigma'' = C_\tau \tau' ; \tag{8}$$

unde C_μ, C_a, C_ρ, etc. sînt constantele de asemănare sau factorii transformării asemenea.

În baza relației (8) toate variabilele celui de-al doilea sistem pot fi exprimate prin variabilele primului sistem, obținîndu-se astfel:

$$C_\mu \mu'^2 + \frac{C_\mu C_\eta}{C_{\rho_e} C_e^2} \mu' \frac{3\eta'}{\rho_e' a'^2} \left(\frac{2\pi a'}{l'}\right)^2 =$$

$$= \frac{C_\sigma}{C_{\rho_l} C_a C_l^2} \frac{\sigma'}{2\rho_l' a'^3} \left(\frac{2\pi a'}{l'}\right)^2 - \frac{C_\sigma C_a}{C_{\rho_l} C_l^4} \frac{\sigma'}{2\rho_l' a'^3} \left(\frac{2\pi a'}{l'}\right)^4 +$$

$$+ \frac{C_\rho C_w^2 C_a}{C_{\rho l} C_l^3} \frac{\rho_g' w'^2}{2\rho_l' a'^2} \left(\frac{2\pi a'}{l'}\right)^3 f_0\left(\frac{2\pi a'}{l'}\right) \qquad (9)$$

Dacă cele două fenomene sînt asemenea înseamnă că ecuațiile (9) și (6) trebuie să fie identice, condiție din care se pot scoate următoarele condiții limitative:

$$C_\mu^2 = \frac{C_\mu C_\eta}{C_{\rho_l} C_l^2} = \frac{C_\sigma}{C_{\rho_l} C_a C_l^2} = \frac{C_\sigma C_a}{C_{\rho_l} C_l^4} = \frac{C_{\rho g} C_w^2 C_a}{C_{\rho_l} C_l^3}. \qquad (10)$$

Luînd membrii relației (10) doi cîte doi, se stabilesc patru egalități, din care prin înlocuirea constantelor de asemănare, se obțin următoarele complexe adimensionale:

$$a)\ \mu^2 \frac{\rho_l a l^2}{\sigma};\quad c)\ \frac{a}{l};$$

$$b)\ \frac{\mu \eta a}{\sigma};\quad d)\ \frac{\rho_g w^2 a}{\sigma} \frac{a^2}{l^2} \qquad (11)$$

Mărimea μ, care intră în aceste complexe adimensionale este invers proporțională cu timpul τ, care trece din momentul scurgerii jetului pînă la începutul descompunerii acestuia și care caracterizează viteza de creștere a amplitudinii la oscilațiile perturbatoare. Prin urmare în locul lui μ se poate pune $1/\tau$. După cîteva transformări simple se obține:

$$\pi_1 = \frac{\eta^2}{\rho_l \sigma D},\quad \pi_2 = \frac{\rho_g w^2 D}{\sigma},\ \pi_3 = \frac{D}{l},\quad \pi_4 = \frac{\eta}{\rho_g w^2 \tau}. \qquad (12)$$

Deoarece, în cele ce vor urma, nu se studiază dinamica descompunerii jetului, iar la procese asemenea raportul dintre lungimea de undă l și diametrul mediu al picăturilor d este constant (l/d = const.) ecuația generalizată va fi de forma:

$$\frac{d}{D} = f\left(\frac{\rho_g w^2 D}{\sigma}, \frac{\eta^2}{\rho_l \sigma D}\right). \qquad (13)$$

In relația (13) D este diametrul diuzei.

La aceleași rezultate au ajuns pe căi similare prof. Mincio Popov, [11], A. Vitman [12], E. Giffen [13] și H. Troesch [10].

Analizînd invarianții, care intră în ecuația (13), se constată că ei reprezintă niște complexe adimensionale, rezultate din raportul forțelor care acționează în procesul de pulverizare. Astfel criteriul π_2 nu este altceva decît cifra Weber și se poate scrie sub forma:

$$\pi_2 = \frac{\rho_g w^2 D^2}{\sigma D}, \qquad (14)$$

punîndu-se astfel mai clar în evidență faptul că el caracterizează raportul forței de inerție $\rho_g w^2 D^2$ a fluxului de aer, către forța datorită tensiunii superficiale σD, adică ia în considerare interacțiunea jetului care se deformează cu mediul ambiant.

Criteriul π_1, se poate pune sub forma:

$$\pi_1 = \frac{\eta^2}{\rho_l \sigma D} = \frac{(\eta w D)^2}{(\rho_l w^2 D^2) \sigma D}, \qquad (15)$$

de unde rezultă clar că el reprezintă raportul dintre patratul forței de viscozitate a lichidului $(\eta w D)^2$ și produsul dintre forțele de inerție și tensiune superficială ale lichidului.

Criteriul d/D dă raportul diametrului mediu al picăturilor către dimensiunea geometrică caracteristică și determină gradul de dispersiune al flacării.

La valori mici ale forței de viscozitate în comparație cu forța de inerție și forța tensiunii superficiale, procesul descompunerii va fi determinat numai de valoarea criteriului π_2. În acest caz ecuația (13) se simplifică și capătă forma:

$$\frac{d}{D} = f_1\left(\frac{\rho_g w^2 D}{\sigma}\right). \qquad (16)$$

Valorile numerice care intră în ecuația (13) sau (16) pot să varieze datorită diversității condițiilor inițiale de scurgere ale jetului și particularităților constructive ale injectoarelor. Totuși forma legăturii funcționale între diferite criterii rămîne neschimbată pentru diferite injectoare.

Punînd problema ce condiții sînt suficiente pentru ca fenomenele de pulverizare să fie asemenea între ele, răspunsul îl găsim în cea de-a treia teoremă a asemănării, teorema acad. M. V. Chirpicev și A. A. Guhman: sînt asemenea acele fenomene, ale căror condiții de univocitate sînt asemenea, iar invarianții π_1 și π_2 deduși din condițiile de univocitate, sînt numeric egali.

În concluzie, aplicarea teoremei similitudinii la fenomenul de pulverizare aduce ușurări importante în cercetarea experimentală și în același timp permite generalizarea rezultatelor măsurătorilor pentru sisteme dinamic asemenea.

3. Descrierea instalației experimentale și a procedeului de lucru

În încercările experimentale efectuate s-a căutat să se verifice în primul rînd existența legăturii dintre invarianții amintiți și diametrul mediu al picăturilor.

Instalația experimentală [15] a corespuns în general scopului urmărit și în momentul de față este folosită pentru cercetarea calității pulverizării injectoarelor pneumatice de joasă peresiune de tip industrial.

Injectorul folosit [15] este de tipul pneumatic de joasă presiune și se caracterizează atît prin simplitate cît și prin faptul că permite schimbarea ușoară a diferitelor tipuri de diuze și piese de capăt.

Tabela 1

Proprietățile fizice ale lichidelor folosite

Nr. crt.	Denumirea	Greutatea specifică, kgf/m³	Viscozitatea dinamică, kgfs/m²	Tensiunea superficială, kgfs/m²	Densitatea, kgfs²/m⁴
1	Apă	998	102.10^{-4}	$7{,}33.10^{-3}$	101,8
2	75 % apă 25 % glic.	1 061	$7{,}85.10^{-4}$	$7{,}28.10^{-3}$	108,2
3	50 % apă 50 % glic.	1 122	$15{,}8.10^{-3}$	$7{,}75.10^{-3}$	114,4
4	25 % apă 75 % glic.	1 184	$23{,}7.10^{-3}$	$8{,}0.10^{-3}$	120,7
5	Glicerină	1 245	$31{,}5.10^{-3}$	$6{,}13.10^{-3}$	127,0

Ca agent de pulverizare s-au folosit apa, glicerina și diferite amestecuri de apă și glicerină, în scopul de a cuprinde o gamă cît mai mare de viscozități, tensiuni superficiale și densități. Tabela 1 redă proprietățile fizice ale lichidelor experimentate.

Pentru captarea picăturilor de lichid s-a folosit un aparat special care funcționează după principiul alternatorului cu perdea. În interiorul său s-au așezat sticle marcate, acoperite cu o compoziție specială, proprie fiecărui lichid încercat, în scopul de a se menține picăturile de lichid nedeformate. Cele mai bune rezultate s-au obținut atunci cînd pentru captarea picăturilor de apă s-a folosit lichidul lui Bloch, iar pentru glicerină, procedeul indicat de I. Astahov. Pentru a se obține date mijlocii asupra calității pulverizării, suprafața plăcilor captatoare s-a împărțit în patru zone, fotografiindu-se, în caz de neuniformitate, fiecare din ele cu ajutorul unui microscop.

4. Prelucrarea datelor experimentale

Fotografiile obținute după metoda descrisă mai sus (fig. 1) au permis numărarea picăturilor și măsurarea diametrului lor. Datele obținute au servit pentru studiul finetii și uniformității pulverizării. În acest scop valorile măsurate ale picăturilor captate au fost împărțite în grupuri cu intervale de 20 μ, iar ca diametru mediu de grup s-a admis diametrul mediu aritmetic.

Caracterul pulverizării este reflectat de diametrul mediu al picăturilor deși acesta reprezintă o mărime convențională. Pînă nu demult, în prelucrarea datelor experimentale se folosea diametrul mediu Sauter, definit drept diametrul particulelor dintr-un jet perfect omogen și a cărui suprafață specifică să fie egală cu aceea a jetului real. Randamentul focarului nu este însă influențat atît de mult de dimensiunile medii ale particulelor, ci mai mult de conținutul de picături ale căror dimensiuni depășesc valoarea medie și care, datorită timpului de ardere necesar mai lung, pot ajunge în zonele mai reci ale focarului fiind posibilă o ardere incompletă în acest caz. Din această cauză s-a considerat mai rațional să se folosească drept mărime medie, diametrul definit de A. Vitman [12]:

$$d_{mv} = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} g_i d_i}{\sum_{i=1}^{i=k} g_i}, \qquad (17)$$

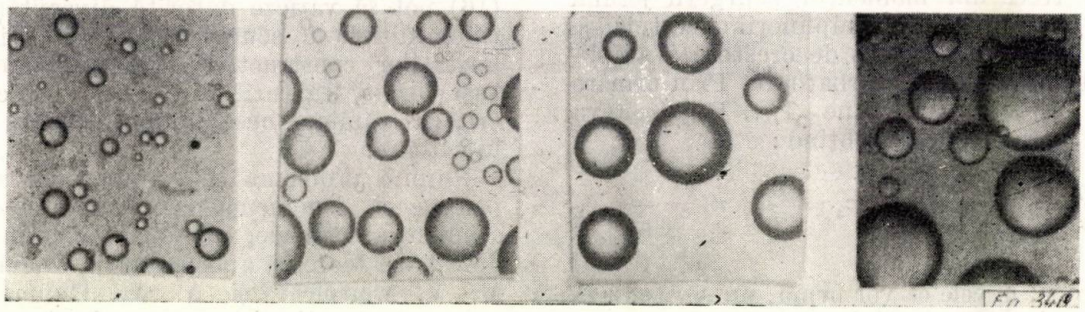


Fig. 1. Aspectul picăturilor captate (mărire de 86 ori):
proba 1 : $\pi_2 = 678{,}5$; lichidul folosit : apa ; proba 27 : $\pi_2 = 242$; lichidul folosit : 75 % apă, 25 % glicerină ; proba 41 : $\pi_2 = 296$; lichidul folosit : 50 % apă, 50 % glicerină ; proba 59 ; $\pi_2 = 242$; lichidul folosit : glicerină.

unde g_i este greutatea totală a picăturilor de diametru d_i.

Dependența $\frac{d}{D} = f\left(\frac{\rho_g w^2 D}{\sigma}\right)$, construită în fig. 2 în coordonate logaritmice, reunește cu o singură linie punctele experimentale, scoțînd în evidență influența viscozității asupra procesului de pulverizare. Ecuațiile dreptelor obținute sînt de forma :

$$\frac{d_{mv}}{D} = A\left(\frac{\rho_g w^2 D}{\sigma}\right) \qquad (18)$$

Dreptele, fiind paralele, au același coeficient unghiular $m = -0{,}52$, rezultînd astfel pentru A o expresie de forma:

$$A = \frac{d_{mv}}{D}\left(\frac{\rho_g w^3 d}{\sigma}\right)^{0{,}52} \qquad (19)$$

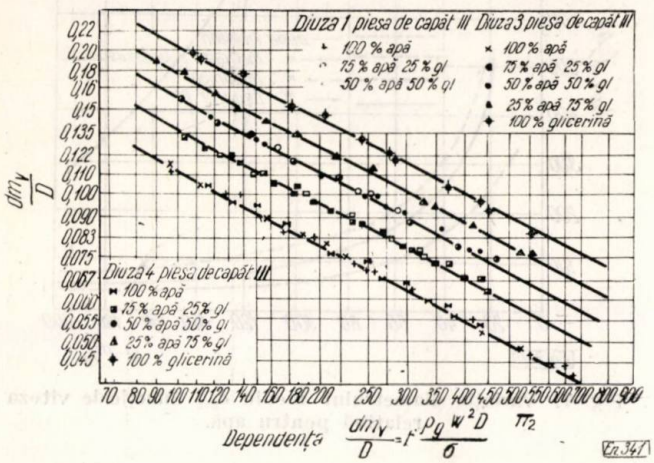


Fig. 2

Construind în coordonate semilogaritmice dependența:

$$\frac{d_{mv}}{D}\left(\frac{\rho_g v^2 \cdot D}{\sigma}\right) = f\left(\frac{\eta^2}{\rho_l \sigma D}\right) \qquad (20)$$

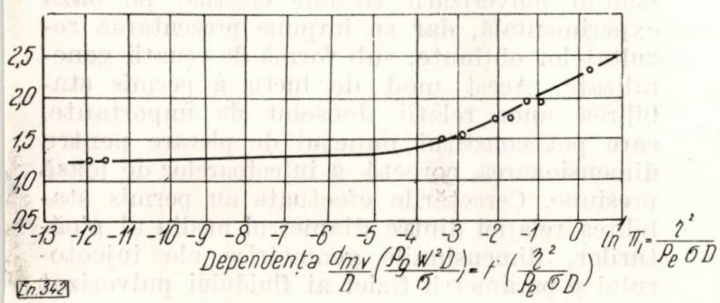


Fig. 3

atunci, după cum se vede în figura 3, toate punctele experimentale se pot uni printr-o singură curbă, ce se poate aproxima la două drepte, ale căror ecuații sînt:

— pentru domeniul $\frac{\eta^2}{\rho_l \sigma D} < 0{,}0333$

$$\frac{d_{mv}}{D}\left(\frac{\rho_g w^2 D}{\sigma}\right)^{0{,}52} = 124 + 0{,}0128\left(\ln\frac{\eta^2}{\rho_l \sigma D} + 12\right) \qquad (21)$$

— și pentru domeniul $\frac{\eta^2}{\rho_l \sigma D} > 0{,}033$,

$$\frac{d_{mv}}{D}\left(\frac{\rho_g w^2 D}{\sigma}\right)^{0{,}52} = 2{,}25 + 0{,}24 \ln\frac{\eta^2}{\rho_l \sigma D}. \qquad (22)$$

Pentru a scoate și mai bine în evidență influența tensiunii superficiale și a viscozității asupra diametrului mediu al picăturilor, relațiile (21) și (22) se pot pune sub forma:

$$d_{mv} = D\left(\frac{\sigma}{\rho_g w^2 D}\right)^{0{,}52}\left[1{,}24 + 0{,}0128\left(\ln\frac{\eta^2}{\rho_l \sigma D} + 12\right)\right] \qquad (23)$$

și

$$d_{mv} = D\left(\frac{\sigma}{\rho_g w^2 D}\right)^{0{,}52}\left(2{,}25 + 0{,}24 \ln\frac{\eta^2}{\rho_l \sigma D}\right). \qquad (24)$$

In ipoteza unui lichid avînd următoarele caracteristici:

$\sigma = 7{,}0 \cdot 10^{-3}$ kgf/m, $\rho_l = 96{,}9$ kgfs²/m⁴, $\eta = 6 \cdot 10^{-3}$ kgfs/m² și presupunînd că se folosește ca mediu pulverizant aerul cu masa specifică $\rho_g = 1{,}3 \cdot 10^{-2}$ kgfs²/m⁴, iar diametrul diuzei

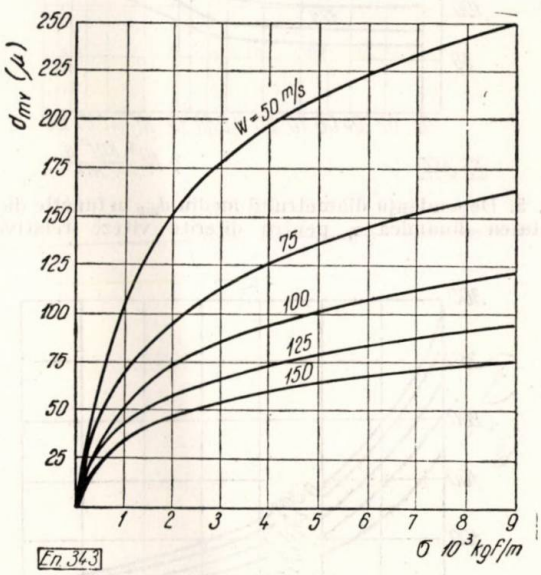


Fig. 4. Dependența diametrului mediu d_{mv} în funcție de tensiunea superficială σ la diferite viteze w.

este $D = 1{,}5 \cdot 10^{-3}$ m, în figurile 4 și 5, s-a construit dependența diametrului mediu d_{mv} de tensiunea superficială σ, respectiv de viscozitate η, cînd una dintre ele rămîne constantă, pentru diferite viteze relative w.

Din curbele reprezentate în figura 4 se constată că influența tensiunii superficiale este mai pronunțată pentru valori mai mici $0 < \sigma < 2$ kgf/m și că aceasta scade pe măsură ce valoarea lui σ crește; de asemenea cu creșterea vitezei relative w, influența tensiunii superficiale se face simțită din ce în ce mai slab.

Din figura 5 rezultă că viscozitatea dinamică începe să influențeze asupra diametrului mediu al picăturilor pentru valori $\eta > 4{,}0 \cdot 10^{-1}$ kgfs/m² și că această influență este cu atît mai pronunțată cu cît viteza relativă este mai mică.

Considerînd că viteza relativă w, dintre fluidul pulverizat și pulverizant este factorul

cel mai important, care determină mărimea diametrului mediu al picăturilor, în figura 6 s-a reprezentat un grafic pentru determinarea diametrului mediu după Vitman al picăturilor

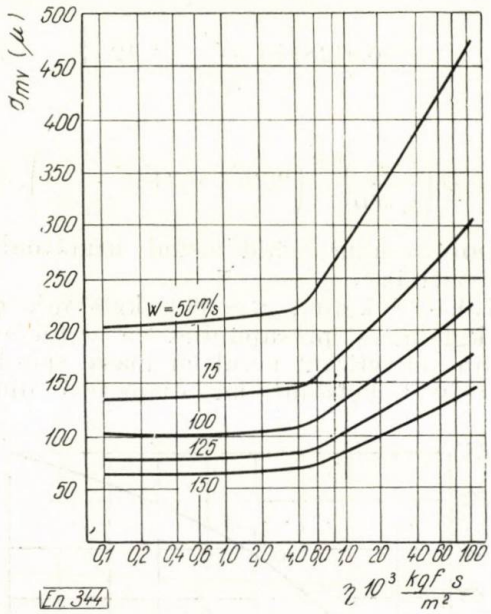


Fig. 5. Dependența diametrului mediu d_{mv} în funcție de viscozitatea dinamică η pentru diferite viteze relative w.

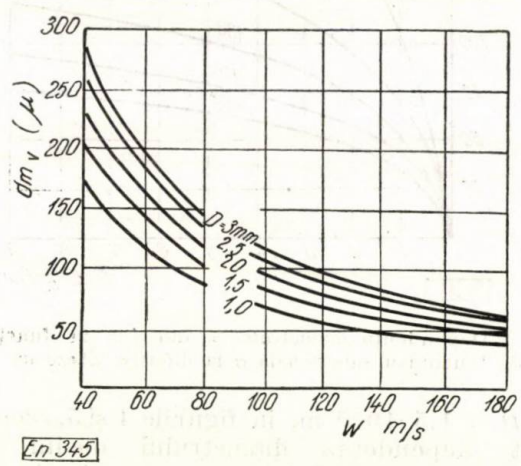


Fig. 6. Grafic pentru determinarea diametrului mediu d_{mv} pentru păcură preîncălzită.

de păcură preîncălzită în funcție de diametrul diuzei. Graficul poate fi folosit în cazul proiectării pentru stabilirea dimensiunilor geometrice ale injectorului.

Compararea relațiilor obținute pe cale experimentală cu alte relații existente în literatura de specialitate este redată grafic în figura 7 pentru apă. Din grafic se poate observa că valorile diametrului mediu calculate după Triebnigg [17] se îndepărtează foarte mult de celelalte; de asemenea se remarcă că pentru apă, curba trasată după relația (23) se intercalează între curba lui Vitman [12] și cea a lui Nukijama și Tanasawa [18], [19] și [20].

Trebuie remarcat că în limita experiențelor efectuate, nu s-a studiat influența asupra diametrului mediu, a raportului dintre greutatea fluidului pulverizant și pulverizat și nici a

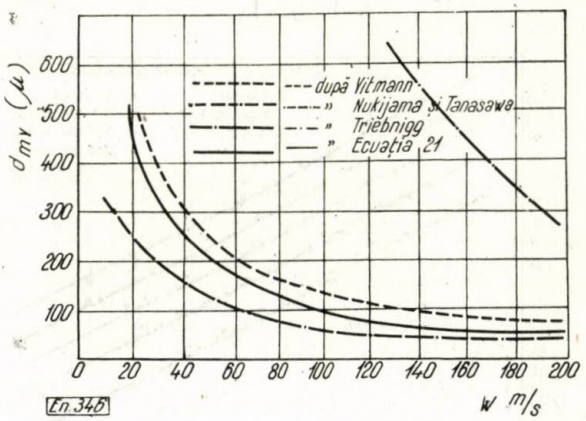


Fig. 7. Variația diametrului mediu d_{mv} funcție de viteza relativă pentru apă.

variației parametrilor fizici ai mediului în care se face pulverizarea, care sînt densitatea și viscozitatea.

Concluzii

În baza cercetărilor făcute se poate afirma că, studiul pulverizării trebuie efectuat pe bază experimentală, dar se impune prezentarea rezultatelor obținute, sub formă de ecuații generalizate. Acest mod de lucru a permis stabilirea unor relații deosebit de importante, care pot constitui punctul de plecare pentru dimensionarea corectă a injectoarelor de joasă presiune. Cercetările efectuate au permis stabilirea relației dintre diametrul mediu al picăturilor, dimensiunile geometrice ale injectorului și parametrii fizici ai fluidului pulverizat și pulverizant.

Bibliografie

[1] Rayleigh, P. In: Phil. Mag., 34, 153, 1892.
[2] Tyler, E. Phil. Mag., ser. 7, **16** nr. 105, 1933, p. 504—518.
[3] Haenlein, A. *Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurswesens*, 1931, p. 138—154.
[4] Weber, C. ZAMM, **11**, nr. 2, 1931, p. 136—145.
[5] Tomotika, S. În: Proc. Roy, Soc. 150 A, 870, 1935, p. 322—337.
[6] Miesse, C. În: Ind. and Eng. Chem., **47**, nr. 9, 1950, p. 1690—1701, apărut în Vaprosî rachetnoi tehnichi nr. 6 1956.
[7] Squire, H. *Combustion and Fuels Subcommittee.* În: Brit. ARC. ian 1952.
[8] York, L. și Stubbs E. Trans. Am. Soc. Mexh. Eng., **75**, nr. 7, 1953, p. 1279—1286.
[9] Lamb, H. Hydrodynamics, 6-th ed., Dover Pub. 1932.
[10] Troesch, H. În: Chemie-Ingenieur-Technik, **26**, nr. 6, 1954 (suppl) p. 311—320.
[11] Popov M. *Incercări pe modele cu pulverizarea fluidelor.* În: Studii și cercetări de mecanică aplicată, **VII**, ian.-mart. 1956.

[12] Vitman, A. şi Kaţnelson, D. ş.a. Voprosî aerodinamichi i teploperedacii v kotelno topocinîh proţesah, Gosenergoizdat, 1958.
[13] Giffen, E. şi Muraszew, A., *The Atomisaţion of liquid fuels*, New York, 1953.
[14] Miheev, M. *Bazele transmiterii căldurii*. Ed. Energetica, 1956.
[15] Ungureanu, C. *Unele rezultate cu privire la unghiul conului de pulverizare la injectoarele pneumatice de joasă presiune*. În: Energetica nr. 3, 1961.
[16] Kuharev, M. *Isledovanie raspîlivania i gorenia dizelnovo topliva*-NAMI-Vîpusk-87, Moscova, 1959.
[17] Triebnigg, H. *Der Einblase und Einspritzvorgang bei Dieselmaschinen* Wien, 1952.
[18] Nukijama şi Tanasawa Y. În: Trans. Soc. Mech. Eng. (Japan) 4 nr. 14, 1958 p. 86–93.
[19] Nukijama şi Tanasawa Y. În: Trans. Soc. Mech. Eng. (Japan) 4 nr. 15, 1938, p. 138–143.
[20] Nujikama şi Tabasawa, Y. În: Trans. Soc. Mech. Eng. (Japan) 5, nr. 18, 1939 p. 68–75.

Regimuri economice de funcţionare în paralel a transformatoarelor cu trei înfăşurări

*PAVEL BUHUŞ** – Bucureşti

La determinarea numărului şi puterii transformatoarelor din staţii şi în general pentru reducerea pierderilor în transformatoare, se obişnuieşte să se determine succesiunea în care este mai economic ca ele să fie conectate o dată cu creşterea sarcinii.

În „Prescripţiile de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice" se prevede că ...„pentru fiecare centrală sau staţie electrică se stabileşte numărul de transformatoare care trebuie să fie în funcţiune, conform graficului de sarcină în scopul reducerii la minimum a pierderilor în transformatoare" (art. 763).

Conectarea sau deconectarea unui transformator devine indicată în momentul în care prin aceasta se micşorează pierderile totale de putere activă şi reactivă. De exemplu, la o creştere a sarcinii vehiculate prin staţia de transformare devine indicat să se mai conecteze un transformator în cazul cînd prin aceasta reducerea pierderilor de mers în sarcină va fi mai mare decît creşterea pierderilor de mers în gol.

În literatură, în cazul transformatoarelor cu două înfăşurări, această problemă a fost analizată în mai multe rînduri. Nu de mult a fost prezentată o metodă analitică mai generală pentru transformatoare cu două înfăşurări avînd parametri şi puteri nominale diferite [1].

În lucrarea de faţă se analizează unele aspecte în legătură cu determinarea regimurilor economice la transformatoarele cu trei înfăşurări.

Se folosesc următoarele notaţii:

P_0 reprezintă pierderi de putere activă la mersul în gol;
i_0 — curent de mers în gol, în unităţi relative;
P_{sc} — pierderi de mers în scurtcircuit;
u_{sc} — tensiune de scurtcircuit, în unităţi relative;
k — echivalentul economic al puterii reactive în kW/kVAr;
A_0 şi A_j — pierderi de putere activă la mers în gol şi respectiv la mers în sarcină la încărcarea nominală a unei înfăşurări, prin care se ia în considerare şi efectul economic al pierderilor de putere reactivă din transformator;
S_n — putere aparentă nominală a transformatorului;
a_j — raportul dintre puterea nominală a înfăşurării j şi S_n;
S_j — puterea aparentă vehiculată prin înfăşurarea j, în unităţi relative;
S_c — încărcarea exprimată în unităţi relative, pentru care există aceleaşi pierderi în două regimuri de funcţionare diferite ale transformatoarelor;
d_j — raportul dintre S_j şi S_c;
C — coeficienţi de repartiţie a sarcinii între înfăşurări racordate la aceeaşi bară;
B_j — raportul dintre $f(A_j, c)$ şi $f(A_0)$.

Mărimile notate cu indicile „prim" sînt raportate la o aceeaşi putere de bază.

Determinarea pierderilor de putere la transformatorul cu trei înfăşurări

În acest scop se folosesc rezultatele obţinute la proba de mers în gol (P_0, i_0) şi la trei probe de mers în scurtcircuit cînd, pe rînd, cîte una din înfăşurări este menţinută în gol (P_{sc12}, P_{sc23}, P_{sc13}, u_{sc12}, u_{sc23}, u_{sc13}).

* Ing. *P. Buhuş* este şef de lucrări la Institutul politehnic din Bucureşti.

Pentru a determina constantele fiecărei înfășurări se folosesc relațiile (1) și (2).

$$u_{sc1} = 0{,}5\ (u_{sc12} + u_{sc13} - u_{sc23})$$
$$u_{sc2} = 0{,}5\ (u_{sc12} + u_{sc23} - u_{sc13}) \qquad (1)$$
$$u_{sc3} = 0{,}5\ (u_{sc23} + u_{sc13} - u_{sc12})$$
$$P_{sc1} = 0{,}5\ (P_{sc12} + P_{sc13} - P_{sc23})$$
$$P_{sc2} = 0{,}5\ (P_{sc12} + P_{sc23} - P_{sc13}) \qquad (2)$$
$$P_{sc3} = 0{,}5\ (P_{sc23} + P_{sc13} - P_{sc12})$$

Efectul economic al pierderilor de putere reactivă se poate aprecia cu ajutorul echivalentului economic al puterii reactive — k — sub forma unor pierderi de putere activă.

La transformatoarele cu trei înfășurări, care se construiesc în special de puteri mari, se poate admite cu suficientă exactitate, că atît curentul de mers în gol cît și tensiunile de scurt-

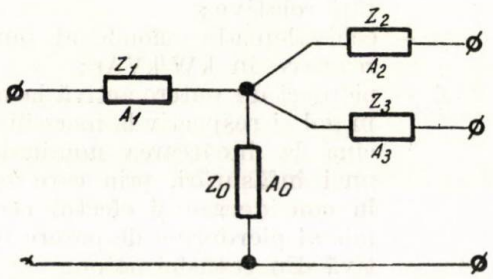


Fig. 1

circuit sînt pur reactive. În acest caz pierderile de mers în gol și respectiv pierderile de mers în sarcină la încărcarea nominală a fiecăreia din cele trei înfășurări se pot determina cu ajutorul relațiilor :

$$A_0 = P_0 + ki_0\, S_n \qquad (3-1)$$
$$A_j = P_{scj} + ku_{scj}\, a_j^2\, S_n \qquad (3-2)$$

Tensiunile de scurtcircuit fiind întotdeauna raportate la puterea nominală a transformatorului, coeficientul a_j reprezintă raportul dintre puterea nominală a înfășurării j și puterea nominală a transformatorului S_n .

Determinarea regimurilor economice în cazul unor transformatoare identice

Atunci cînd n transformatoare identice funcționează în paralel devine indicat să se conecteze și al $n+1$ — lea dacă prin aceasta se micșorează pierderile totale de putere.

Dacă se notează prin S_j raportul dintre sarcina totală vehiculată prin toate înfășurările j și respectiv puterea nominală a uneia din aceste înfășurări condiția enunțată se poate exprima prin relația :

$$nA_0 + \frac{1}{n}\sum_1^3 A_j S_j^2 \geqslant (n+1)A_0 + \frac{1}{n+1}\sum_1^3 A_j S_j^2 \qquad (4-1)$$

sau

$$\frac{1}{n(n+1)}\sum_1^3 \frac{A_j}{A_0} S_j^2 \geqslant 1 \qquad (4-2)$$

Pentru transformatoarele cu două înfășurări se poate determina o singură încărcare S_c la care să existe aceleași pierderi totale în cazul cînd se funcționează cu n sau $n+1$ transformatoare. În adevăr, considerînd $j = 2$, din relația (4—2) se deduce :

$$S_c = \sqrt{n(n+1)\frac{A_0}{A_1 + A_2}}.$$

Din relațiile (4) se poate observa că la transformatoarele cu trei înfășurări intervin tot atîtea variabile. Se mai pot folosi două ecuații algebrice scriind bilanțul puterilor active și reactive. Prin aceasta numărul de necunoscute se mărește la șase dar se dispune numai de trei ecuații. Prin urmare la transformatoarele cu trei înfășurări există o infinitate de regimuri de încărcare pentru care se ajunge la aceleași pierderi în funcționarea cu n sau $n+1$ transformatoare. La stabilirea regimului optim de funcționare ar trebui deci verificate inegalitățile (4) pentru fiecare circulație de puteri în parte.

După cum se va arăta într-un exemplu de calcul, cu ajutorul unei nomograme cu puncte aliniate, în funcție de încărcări se poate determina suficient de expeditiv numărul de transformatoare identice care trebuie conectate în paralel pentru a funcționa cu pierderi minime.

Determinarea regimurilor economice în cazul transformatoarelor de tipuri diferite

O primă problemă o reprezintă modul de repartizare a sarcinilor între transformatoare.

Folosind notațiile din figura 2, pentru două sau mai multe transformatoare se pot scrie :

$$\bar{Z}_{11}\bar{I}_{11} + \bar{Z}_{12}\bar{I}_{12} = \bar{Z}_{21}\bar{I}_{21} + \bar{Z}_{22}\bar{I}_{22};$$
$$\bar{Z}_{12}\bar{I}_{12} + \bar{Z}_{13}\bar{I}_{13} = \bar{Z}_{22}\bar{I}_{22} + \bar{Z}_{23}\bar{I}_{23};$$
$$\bar{Z}_{13}\bar{I}_{13} + \bar{Z}_{11}\bar{I}_{11} = \bar{Z}_{23}\bar{I}_{23} + \bar{Z}_{21}\bar{I}_{21}.$$

Din aceste relații se poate deduce imediat :

$$\bar{Z}_{11}\bar{I}_{11} = \bar{Z}_{21}\bar{I}_{21};\ \bar{Z}_{12}\bar{I}_{12} = \bar{Z}_{22}\bar{I}_{22};\ \bar{Z}_{13}\bar{I}_{13} = \bar{Z}_{23}\bar{I}_{23}.$$

Rezultă deci că în toate înfășurările racordate la aceeași bară există aceleași căderi de tensiune și punctele O_1 și O_2 sînt echipotențiale.

Prin urmare repartiția sarcinii la transformatoarele cu puteri nominale diferite și toate

trei înfăşurări conectate se poate studia separat pentru fiecare grup de înfăşurări legate la aceeaşi bară.

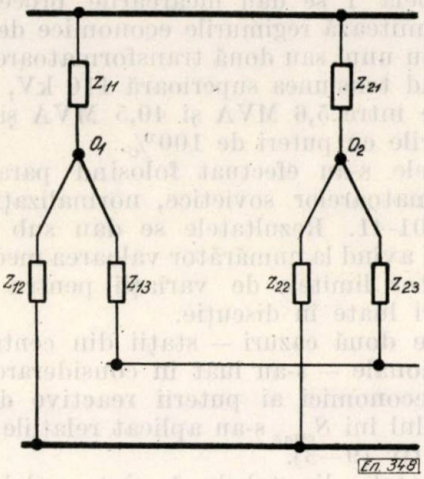


Fig. 2.

Dacă o bară este alimentată de mai multe înfăşurări cu o sarcină totală S_t atunci înfăşurarea j se va încărca cu sarcina (B.2).

$$S_j = C_j S_t \text{ unde } C_j = \frac{1}{u'_{scj} \sum_i \frac{1}{u'_{sci}}} \cdot \qquad (5-1)$$

În această relaţie toate tensiunile de scurtcircuit u' sînt raportate la o aceeaşi putere de bază. În mod normal se funcţionează în paralel cu transformatoare avînd aceeaşi tensiune nominală de scurtcircuit. În acest caz, după cum rezultă şi din relaţia (5—1), înfăşurările se vor încărca proporţional cu puterile lor nominale:

$$C_j = \frac{S_{nj}}{\Sigma_i S_{ni}} \cdot \qquad (5-2)$$

Determinarea regimurilor economice la transformatoarele cu trei înfăşurări avînd parametri şi puteri nominale diferite este mai laborioasă. Acest lucru poate fi exemplificat pentru cazul a două transformatoare cînd sînt posibile numai trei regimuri de funcţionare:

1. La sarcinile cele mai mici se va conecta transformatorul cu cele mai reduse pierderi de mers în gol, $A_{10} < A_{20}$.

2. Înlocuirea primului transformator prin cel de-al doilea va fi indicată dacă:

$$A_{10} + \sum_1^3 A'_{1j} S_j^2 \geqslant A_{20} + \sum_1^3 A'_{2j} S_j^2 \qquad (6-1)$$

sau

$$\sum_1^3 \frac{A'_{1j} - A'_{2j}}{A_{20} - A_{10}} S_j^2 \geqslant 1 \cdot \qquad (6-2)$$

Mărimile A'_j reprezintă pierderile de mers în sarcină nominal ale înfăşurării j raportate la aceeaşi putere de bază la care s-a raportat şi puterea vehiculată S_j:

$$A'_j = A_j \frac{S_b^2}{S_{nj}^2} \cdot$$

3) În sfîrşit va deveni mai economic să se treacă la funcţionarea cu ambele transformatoare atunci cînd:

$$A_{20} + \sum_1^3 A'_{2j} S_j^2 \geqslant A_{10} + A_{20} + \sum_1^3 (A'_{1j} C_{1j}^2 + A'_{2j} C_{2j}^2) S_j^2 \; ; \qquad (7-1)$$

sau

$$\sum_1^3 \frac{A'_{2j}(1 - C_{2j}^2) - A'_{1j} C_{1j}^2 S_j^2}{A_{10}} \geqslant 1 \qquad (7-2)$$

Deci, în cazul a două transformatoare de puteri diferite fiind posibile trei regimuri de funcţionare, pentru a determina regimul optim poate fi necesară verificarea a două condiţii. În cazul a trei transformatoare dintre care două de putere egală, numărul de condiţii de verificat creşte la patru, iar în cazul a trei transformatoare avînd toate puteri nominale diferite acest număr ajunge la şase.

Într-o anumită măsură determinarea regimurilor optime pe această cale ar putea fi uşurată construind pentru fiecare condiţie în parte cîte o nomogramă şi apreciind după mărimea sarcinilor domeniul în care ar trebui să se înceapă verificările. Totuşi metoda rămîne mult prea laborioasă şi nu se justifică aplicarea ei în această formă.

Limitele de variaţie ale sarcinii care delimitează două regimuri economice

Din examinarea condiţiilor (4—2), (6—2) şi (7—2) se poate deduce o formă mai generală care să definească regimurile de încărcare în care să existe aceleaşi pierderi la funcţionarea cu un număr de transformatoare diferit sau cu transformatoare de putere diferită şi anume:

$$\Sigma B_j S_j^2 = 1 \cdot \qquad (8-1)$$

În fiecare caz în parte coeficienţii B_j au valori diferite. Întotdeauna însă ei se exprimă prin raportul dintre o expresie care depinde de pierderile la mers în sarcina nominală a înfăşurării şi respectiv o expresie care depinde de pierderile de mers în gol.

Dacă în relaţia (8—1) toate mărimile sînt raportate la aceeaşi putere de bază şi dacă se dă factor comun cea mai mare dintre cele trei sarcini vehiculate care se notează prin S_c se poate scrie:

$$S_c^2 \Sigma B_j d_j^2 = 1 \, , \qquad (8-2)$$

unde:

$$d_j = \frac{S_j}{S_c} \quad 0 \leqslant d_j \leqslant 1 \qquad (8-3)$$

La limita dintre două regimuri economice consecutive, deci pentru coeficienți B_j dați, cu ajutorul relației (8—2) se pot determina valorile extreme între care poate varia încărcarea S_c. De asemenea se pot determina și încărcările celorlalte două grupuri de înfășurări corespunzătoare acestor extreme.

Variabilele care vor intra în discuție vor fi coeficienții d_j dintre care unul trebuie să fie egal cu unitatea, iar suma σ a celorlalți doi, dacă se neglijează pierderile, să respecte condiția $1 \leqslant \sigma \leqslant 2$.

1. Se poate observa cu ușurință că limita inferioară S_{cmin} corespunde cazului în care $\sigma = 2$ și deci prin cele trei grupe de înfășurări se vehiculează aceeași putere aparentă:

$$S_{cmin} = B_{max}^{-1/2} = (\Sigma B_j)^{-1/2}. \quad (9-1)$$

2. Pentru aflarea circulației de puteri la care se poate determina S_{cmax} se admite că $B_1 > B_2 > B_3$. Cu aceste notații, pentru ca suma din relația (8—2) să fie minimă se observă imediat că este necesar ca $d_3 = 1$ adică grupa de înfășurări cu cele mai mici pierderi la sarcină nominală să se încarce cu S_{cmax}.

Expresia:

$$\Sigma B_j d_j^2 = B_1 d_1^2 + B_2 (\sigma - d_1)^2 + B_3$$

va fi minimă pentru

$$d_1 = \frac{\sigma B_2}{B_1 + B_2}, \quad d_2 = \frac{\sigma B_1}{B_1 + B_2},$$

deci atunci cînd cele două grupe de înfășurări se vor încărca cu sarcini ale căror valori vor fi invers proporționale cu coeficienții lor B_j.

Limita superioară căutată poate fi așadar calculată cu ajutorul relației:

$$S_{c\,max} = B_{min}^{-1/2} = \left(\frac{\sigma^2 B_1 B_2}{B_1 + B_2} + B_3 \right)^{-1/2}. \quad (9-2)$$

Trebuie observat că ipoteza $d_3 = 1$ corespunde în special pentru transformatoarele instalate în stațiile din centrale. În stațiile raionale alimentate din sistem, de regulă, cea mai încărcată înfășurare este cea de înaltă tensiune. Această înfășurare are cele mai mari pierderi la mers în sarcină nominală, și deci în acest caz este indicat să se considere $d_1 = 1$. Prin urmare:

$$S'_{cmax} = B'^{-1/2}_{min} = \left(B_1 + \frac{\sigma^2 B_2 B_3}{B_2 + B_3} \right)^{-1/2}. \quad (9-3)$$

Factorul σ va trebui să aibă și el o valoare minimă. Deoarece încărcările S_j se consideră la cele trei bare ale stației, ținînd deci cont de pierderile în transformatoare, $\sigma < 1$ dacă alimentarea se face prin grupa de înfășurări pentru care s-a considerat $d = 1$. Dacă alimentarea se face prin celelalte două grupe de înfășurări $\sigma > 1$. În general se poate obține o valoare suficient de exactă a lui $S_{c\,max}$ considerînd $\sigma = 1$.

*

În tabela 1 se dau încărcările procentuale care delimitează regimurile economice de funcționare cu unul sau două transformatoare identice avînd tensiunea superioară 110 kV, puteri nominale între 5,6 MVA și 40,5 MVA și toate înfășurările cu puteri de 100%.

Calculele s-au efectuat folosind parametrii transformatoarelor sovietice, normalizați prin GOST 401-41. Rezultatele se dau sub formă de fracții avînd la numărător valoarea medie, iar la numitor limitele de variații pentru gama de puteri luate în discuție.

În cele două cazuri — stații din centrale și stații raionale — s-au luat în considerare echivalenți economici ai puterii reactive diferiți. La calculul lui S_{cmax} s-au aplicat relațiile (9—2) și respectiv (9—3).

Rezultatele din tabela 1 sînt valabile și pentru transformatoarele cu trei înfășurări care se construiesc în prezent în R.P.R. deoarece acestea au, practic, același raport al pierderilor ca și transformatoarele sovietice.

Tabela 1

Tipul stației	k kW/ /kVAr	Transformatoare cu două înfășurări	Transformatoare cu trei înfășurări	
		S_c, %	S_{cmin}, %	S_{cmax}, %
Stație în centrală	0	92 86—98	77,5 75,5—79,5	109 106—112
Stație raională	0,1	86 80,5—91,5	71,5 67—76	92,5 86—99

Se poate observa că urmărirea regimurilor economice la transformatoarele cu două sau trei înfășurări prezintă practic același interes.

Plaja de variație a sarcinii care delimitează cele două regimuri economice consecutive poate atinge valori de ordinul 20 — 30% din puterea nominală a unui transformator. În realitate această plaje va fi mai mică deoarece este puțin probabil ca încărcările să varieze chiar între cele două regimuri limită pentru care s-au dedus $S_{c\,min}$ și $S_{c\,max}$.

Conectarea sau deconectarea unui transformator nu are sens pentru variații mici de sarcină sau pentru intervale de timp mai mici de cîteva ore. Economiile care s-ar realiza ar fi prea reduse și în schimb ar exista dezavantajul unor manevre repetate. În acest sens, ar putea fi suficientă cunoașterea numai a limitelor de variație sau chiar fixarea unei valori unice pentru sarcina care să delimiteze două regimuri economice consecutive.

Din tabela 1 se mai poate observa că în stațiile din centrale este indicat ca transformatoarele cu trei înfășurări să fie mai bine încăr-

cate ca în stațiile raionale și anume pînă aproape sau dacă ar fi posibil chiar peste sarcina nominală.

O urmărire mai sistematică a regimurilor economice ar prezenta interes în special în stațiile raionale cu personal permanent de deservire și mai ales în cazul unor curbe de sarcină cu depresiuni sistematice avînd o durată de cel puțin cîteva ore.

Pentru transformatoare cu parametri apropiați de cei avuți în vedere în tabela 1, dacă sarcina preluată din sistem nu scade sub 70 – 75 % din puterea nominală a unui transformator, este indicat să se mențină conectate două transformatoare. Aceasta se justifică atît sub aspectul minimului pierderilor cît și al siguranței în alimentarea consumatorilor.

Totuși în instalații se întîlnesc transformatoare cu raportul pierderilor și mai ales curentul de mers în gol diferit de cel prevăzut în norme. De asemenea prin utilizarea tolei cu cristale orientate în unele cazuri se modifică mult raportul pierderilor și valoarea procentuală a curentului de mers în gol. Din aceste puncte de vedere este totuși indicat ca în fie care caz în parte să se determine mărimea sarcinilor care delimitează regimurile economice posibile în stația respectivă.

În ultimul timp în literatura de specialitate costul pierderilor în transformatoare se apreciază cu ajutorul tarifului binom (B.3 și B.4). De regulă prețul kWh de pierderi de mers în gol — p_0 — rezultă mai mic decît prețul kWh de pierderi de mers în sarcină — p_s — deoarece durata de funcționare a transformatorului este mai mare decît timpul de pierderi. Prin urmare, în ipoteza costului minim al pierderilor, coeficienții B_j vor trebui amplificați cu raportul supraunitar p_s/p_0, iar valorile sarcinilor S_c vor rezulta ceva mai mici decît în ipoteza pierderilor minime de putere.

Se poate aprecia că economiile care s-ar putea realiza prin urmărirea regimurilor economice ale transformatoarelor cu trei înfășurări ar fi de ordinul cîtorva procente din costul pierderilor anuale de energie.

Construcția nomogramei pentru stabilirea regimurilor economice

Pentru o dependență funcțională de forma:

$$f_{(w)} = f_{1\,(u)} + f_{2\,(v)},$$

se poate construi o nomogramă cu puncte aliniate și scări paralele ca cea din figura 3. Scările se pot defini cu ajutorul relațiilor (B. 5):

$$x_1 = 0\,;\; x_2 = D_{12}\,;\; x = \frac{m_1}{m_1 + m_2} D_{12}$$

$$y_1 = m_1 f_{1\,(u)}\,;\; y_2 = m_2 f_{2\,(v)}\,;\; y = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} f_{(w)}$$

Mărimile D_{12}, m_1 și m_2 se aleg în așa fel încît nomograma să fie mai ușor de construit și folosit.

Cele expuse se pot aplica în cazul relației (8—1) construind o nomogramă compusă ca

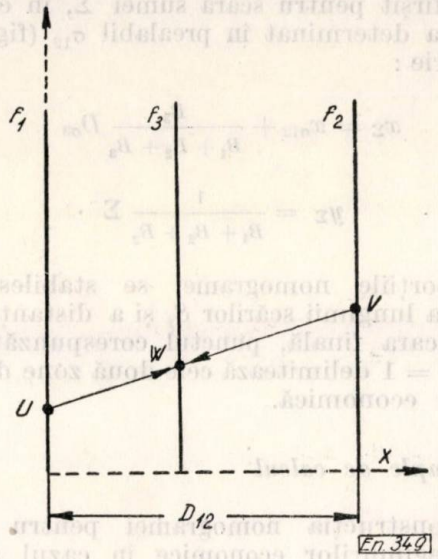


Fig. 3

în figura 4 în care, pentru a obține $\Sigma B_j S_j^2$, se fac două însumări grafice succesive.

Scările celor trei funcții care se însumează sînt definite de relații de forma:

$$y_j = m_j B_j S_j^2.$$

Considerînd $m_j = \frac{1}{B_j}$, cele trei scări vor fi identice și vor avea gradații patratice. Scara sumei

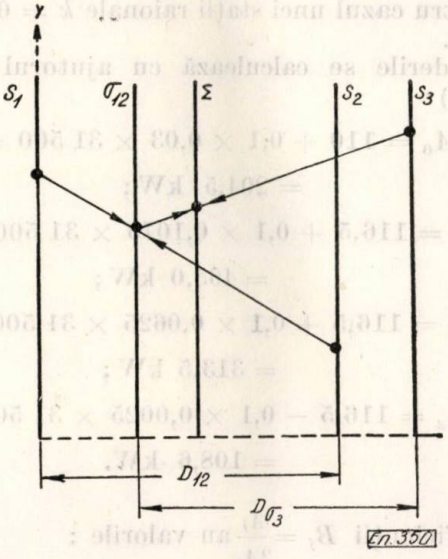


Fig. 4

parțiale a doi din cei trei termeni, spre exemplu σ_{12} se va putea construi cu ajutorul relațiilor:

$$x_{\sigma 12} = \frac{B_2}{B_1 + B_2} D_{12} \qquad y_{\sigma 12} = \frac{1}{B_1 + B_2} \sigma.$$

În mod analog se pot defini scările sumelor parțiale σ_{23} sau σ_{13}. Pentru a nu încărca nomograma și pentru a reduce probabilitatea erorilor în utilizarea ei, este mai bine să se construiască numai una din aceste scări.

În sfîrșit pentru scara sumei Σ, în cazul în care s-a determinat în prealabil σ_{12} (fig. 4) se pot scrie :

$$x_\Sigma = x_{\sigma 12} + \frac{B_3}{B_1 + B_2 + B_3} D_{\sigma 3}$$

$$y_\Sigma = \frac{1}{B_1 + B_2 + B_3} \Sigma \cdot$$

Proporțiile nomogramei se stabilesc prin alegerea lungimii scărilor S_j și a distanțelor D. Pe scara finală, punctul corespunzător valorii $\Sigma = 1$ delimitează cele două zone de funcționare economică.

Exemple de calcul

1. Construcția nomogramei pentru stabilirea regimurilor economice în cazul a două transformatoare de 31,5 MVA/110 kV.

Puterile nominale ale înfășurărilor : 100%/100%/100%

$$P_0 = 110 \text{ kW}; \quad i_0 = 3\%;$$

$$P_{sc1} = P_{sc2} = P_{sc3} = 116{,}5 \text{ kW}; \quad u_{sc1} = 10{,}75\%; \quad u_{sc2} = 6{,}25\%;$$

$$u_{sc3} = -0{,}25\ \%.$$

Pentru cazul unei stații raionale $k = 0{,}1$ kW/kVAr.

Pierderile se calculează cu ajutorul relațiilor (3) :

$$A_0 = 110 + 0{,}1 \times 0{,}03 \times 31\,500 = 204{,}5 \text{ kW};$$

$$A_1 = 116{,}5 + 0{,}1 \times 0{,}1075 \times 31\,500 = 465{,}0 \text{ kW};$$

$$A_2 = 116{,}5 + 0{,}1 \times 0{,}0625 \times 31\,500 = 313{,}5 \text{ kW};$$

$$A_3 = 116{,}5 - 0{,}1 \times 0{,}0025 \times 31\,500 = 108{,}6 \text{ kW}.$$

Coeficienții $B_j = \frac{A_j}{2A_0}$ au valorile :

$$B_1 = \frac{645}{2 \times 204{,}5} = 1{,}137; \quad B_2 = \frac{313{,}5}{2 \times 204{,}5} = 0{,}766;$$

$$B_3 = \frac{108{,}6}{2 \times 204{,}5} = 0{,}265.$$

Mărimile necesare pentru construcția nomogramei rezultă :

$$x_{\sigma 12} = \frac{0{,}766}{1{,}093} D_{12} = 0{,}402\, D_{12};$$

$$x_\Sigma - x_{\sigma 12} = \frac{0{,}265}{2{,}168} D_{\sigma 3} = 0{,}122\, D_{\sigma 3};$$

$$y_\Sigma = \frac{1}{2{,}168} \Sigma = 0{,}461\ \Sigma.$$

Dacă modulul scărilor se alege 100 mm, $D_{12} = 92$ mm și $D_{\sigma 3} = 82$ mm rezultă :

$$x_1 = 0 \quad x_2 = 92 \text{ mm} \quad x_3 = 119 \text{ mm}$$

$$x_{\sigma 12} = 37 \text{ mm} \quad x_\Sigma = 47 \text{ mm}$$

$$y_{(\Sigma = 1)} = 46{,}1 \text{ mm}.$$

Cu aceste date s-a construit nomograma din figura 5.

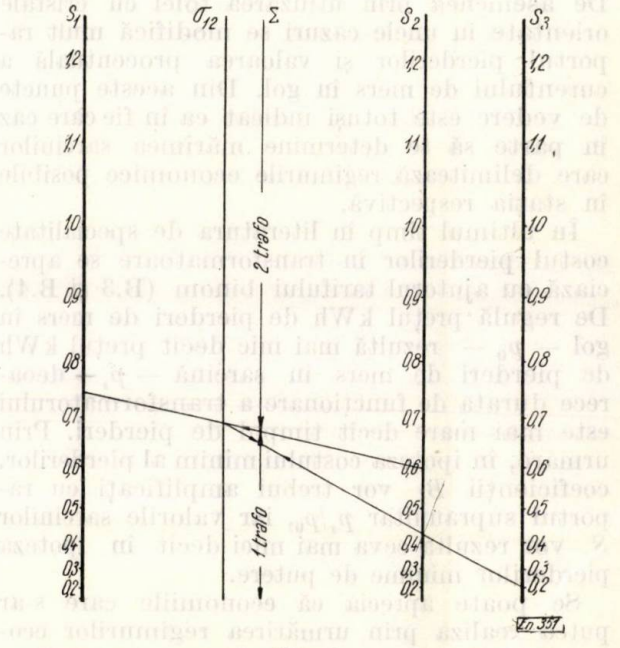


Fig. 5

Folosind relațiile (9—3) și (9—1) rezultă $68\% \leqslant S_c \leqslant 86{,}5\%$.

2. Delimitarea regimurilor economice într-o stație raională cu două transformatoare avînd puteri nominale diferite și aceleași tensiuni de scurtcircuit.

Se consideră transformatoare din seria sovietică cu tensiunea superioară de 110 kV. Datele inițiale de calcul sînt cuprinse în tabela 2.

Tabela 2

S_n, kVA	k, kW/kVAr	A_0, kW	A_1, kW	A_2, kW	A_3, kW
31 500	0,10	204,5	465,0	313,5	108,6
40 500		251,5	580,0	398,0	134,9

Se determină limitele de variație ale sarcinii cu care trebuie să se încarce înfășurările de înaltă tensiune pentru ca să existe aceleași pierderi totale în următoarele regimuri :

a. Se funcționează cu transformatorul de 31,5 MVA sau cu cel de 40,5 MVA. Folosind relația (6—2) și raportînd la $S_b = 31{,}5$ MVA :

$$B_1 = \frac{465 - 580\left(\frac{31{,}5}{40{,}5}\right)^2}{251{,}5 - 204{,}5} = 2{,}43,$$

$$B_2 = 1{,}55, \quad B_3 = 0{,}57 :$$

Substituind în (9—3) și (9—1) se obțin :

$$S_{cmax} = \left(2{,}43 + \frac{1{,}55 \times 0{,}57}{1{,}55 + 0{,}57}\right)^{-1/2} = 0{,}605$$

$$S_{cmin} = (2{,}43 + 1{,}55 + 0{,}57)^{-1/2} = 0{,}47$$

Prin urmare :

$$14{,}8 \text{ MVA} \leqslant S_{c1} \leqslant 19{,}0 \text{ MVA}.$$

b. Se funcționează cu transformatorul de 40,5 MVA sau cu ambele transformatoare.

Coeficienții de repartiție ai sarcinilor se calculează cu relația (5—2) :

$$C_1 = \frac{31{,}5}{31{,}5 + 40{,}5} = 0{,}437,$$

$$C_2 = \frac{40{,}5}{31{,}5 + 40{,}5} = 0{,}563.$$

Raportînd la $S_b = 40{,}5$ MVA rezultă :

$$B_1 = \frac{580\,(1 - 0{,}563^2) - 465 \times 0{,}437^2\left(\frac{40{,}5}{31{,}5}\right)^2}{204{,}5} = 1{,}22$$

$$B_2 = 0{,}85, \quad B_3 = 0{,}28$$

În continuare se obțin :

$$0{,}652 \leqslant S_{c2} \leqslant 0{,}848 \text{ sau}$$

$$26{,}4 \text{ MVA} \leqslant S_{c2} \leqslant 34{,}3 \text{ MVA}.$$

Pentru nevoile exploatării ar fi suficient să se precizeze că pînă la o încărcare de cca. 17 MVA este mai economic să se funcționeze cu transformatorul de 31,5 MVA, între 17 și 30 MVA cu cel de 40,5 MVA, iar la încărcări mai mari să se mențină conectate ambele transformatoare.

Bibliografie

[1] Livșiț, E. G. și Teleșev, B. A. *Economiceskie rejimi transformatorov na podstanțiah s neodnotipnimi transformatorami.* În : Electriceskie Stanții, nr. 3, 1958, p. 65.

[2] Gheorhiu, I. S. *Mașini electrice.* Vol. I Ministerul Învățămîntului și Culturii, 1957.

[3] *Transformatorî* vol II Colecția „Energetică peste hotare". Gosenergoizdat, Moscova-Leningrad 1959.

[4] Avruh, A. A. *Economiceskaia oțenka poteri electroenerghii v setiah.* În : Electriceskie Stanții, nr. 7, 1960, p. 53.

[5] Pentcovschi, M. V. *Scitaiușcie certejî* (nomograme). Gosudarstvenoe izdatelstvo tehnico-teoreticescoi literaturî, Moscova, 1953.

[6] Petrov, G. N. *Electriceskie mașinî.* Vol. I, Gosenergoizdat, Moscova—Leningrad, 1956.

ÎN AJUTORUL TÎNĂRULUI INGINER

Măsurători în rețelele cu neutrul izolat sau compensat prin bobine de stingere

GHEORGHE IONAȘCU * — Bacău

1. Scopul măsurătorilor

Măsurătorile care se efectuează au scopul de a determina următoarele mărimi :

1.1. **Curenții capacitivi** ai fiecărei linii sau porțiuni de rețea care pot fi separate în exploatare, precum și ai întregii rețele.

Se măsoară atît valorile lor aparente, cît și componentele lor active și reactive.

În rețelele cu neutrul izolat măsurarea curenților capacitivi se face pentru a stabili puterea bobinelor de stingere și locul lor de montare. Asemenea măsurători se fac pentru acele rețele care au un număr mare de stații sau posturi de transformare cu echipamente de diverse tipuri, linii în cablu sau aeriene de diverse construcții, cu lungimi și secțiuni ale conductorilor diferite, linii aeriene care traversează teritorii cu denivelări mari de teren etc., fapt care face ca pentru aceste rețele calculul curentului capacitiv să nu se poată face suficient de exact.

În rețelele în care s-au montat bobine de stingere, măsurarea curentului capacitiv se face pentru a verifica dacă s-a făcut corect alegerea puterii bobinelor de stingere pe baza curentului capacitiv calculat și pentru a cunoaște valorile exacte ale acestor curenți în scopul alegerii celui mai corect reglaj al bobinei de stingere.

Componentele active ale curenților capacitivi dau indicații asupra stării izolației, adică asupra pierderilor active prin izolație, fiind

* *Gh. Ionașcu* este inginer la I.R.E. Bacău.

deci determinate de conductanțele active ale fazelor rețelei $\frac{1}{r_1}, \frac{1}{r_2}, \frac{1}{r_3}$ (fig. 1).

Împreună cu componenta activă a curentului capacitiv, componenta reactivă a aceluiași curent determină *coeficientul de amortizare* al rețelei care intervine în calculele de acordare a bobinei de stingere și care are următoarea expresie analitică :

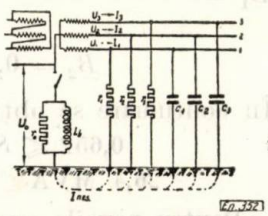


Fig. 1. Schema trifazată a unei rețele compensată prin bobină de stingere.

$$d\% = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{\omega(C_1 + C_2 + C_3)} 100, \qquad (1)$$

în care g_1, g_2, g_3, și ωC_1, ωC_3 sînt conductanțele active și capacitive ale fazelor față de pămînt (fig. 1).

Înmulțind numărătorul și numitorul expresiei (1) cu valoarea tensiunii de fază avem :

$$d\% = \frac{I_{Ca}}{I_{Cr}} 100, \qquad (2)$$

în care :

I_{Ca} este componenta activă a curentului capacitiv ;

I_{Cr} — componenta reactivă a curentului capacitiv.

Pentru liniile electrice aeriene cu starea izolației normală, valoarea coeficientului de amortizare d este de 3% pentru cele de 60—110 kV și de 5% pentru cele de 15—35kV.

Această valoare crește pînă la 10 % atunci cînd izolația este murdară sau umezită.

În rețelele de cablu valoarea coeficientului de amortizare este de 2—4 % pentru cele cu izolația normală și de 10% pentru cele cu izolația îmbătrînită.

1.2. **Tensiunea de nesimetrie** a fiecărei linii și a întregii rețele, adică acea tensiune care apare pe neutru în regimul de funcționare cu neutrul izolat ca urmare a neegalității capacității conductorilor față de pămînt, neegalitate creată, în regimul normal de funcționare, de poziția diferită a conductorilor față de pămînt, față de firul de gardă și de poziția lor reciprocă, iar în regimul de avarii, în plus, de ruperea unuia sau a doi conductori sau de neînchiderea (nedeschiderea) cuțitelor sau contactelor la o fază sau două la separatorul, respectiv întreruptorul automat al liniilor alimentate de la un singur capăt.

Tensiunea de nesimetrie se măsoară pentru a stabili necesitatea transpoziției conductorilor în rețelele cu neutrul izolat și mai ales în cele cu neutrul compensat.

Expresia analitică a tensiunii de nesimetrie [1] :

$$\overline{U}_{nes} = \frac{\overline{U}_1\left(j\omega C_1 + \frac{1}{r_1}\right) + \overline{U}_2\left(j\omega C_2 + \frac{1}{r_2}\right) + \overline{U}_3\left(j\omega C_3 + \frac{1}{r_3}\right)}{j\omega(C_1 + C_2 + C_3) + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}}. \qquad (3)$$

Cînd tensiunile pe fază sînt simetrice relația (3) devine :

$$\overline{U}_{nes} = U_f \frac{\left(j\omega C_1 + \frac{1}{r_1}\right) + a^2\left(j\omega C_2 + \frac{1}{r_2}\right) + a\left(j\omega C_3 + \frac{1}{r_3}\right)}{j\omega(C_1 + C_2 + C_3) + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}}, \qquad (4)$$

iar în ipoteza că $\frac{1}{r_1} = \frac{1}{r_2} = \frac{1}{r_3} = \frac{1}{r}$ relația (4) devine :

$$\overline{U}_{nes} = U_f \frac{j\omega C_1 + a^2 j\omega C_2 + a\, j\omega C_3}{j\omega(C_1 + C_2 + C_3) + \frac{3}{r}} =$$

$$= U_f \frac{C_1 + a^2 C_2 + a C_3}{C_1 + C_2 + C_3} \cdot \frac{1}{1 - j\frac{3}{r\omega(C_1 + C_2 + C_3)}} =$$

$$= U_f \cdot \overline{u}_{nes} \cdot \frac{1}{1 - jd}. \qquad (5)$$

În aceste relații :

$\overline{U}_1$, $\overline{U}_2$, $\overline{U}_3$ sînt vectorii tensiunilor pe cele trei faze ;

U_f — valoarea absolută a tensiunii pe fază ;

$\overline{u}_{nes}$ — gradul de nesimetrie al rețelei ;

d — coeficientul de amortizare al rețelei ;

C_1, C_2, C_3, — capacitățile conductorilor rețelei față de pămînt ;

$\frac{1}{r_1}, \frac{1}{r_2}, \frac{1}{r_3}$, — conductanțele active ale fazelor rețelei și stației ;

$$a = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{-2}.$$

Neglijînd influența neînsemnată a lui d vom avea în procente :

$$u_{nes}\% = \frac{U_{nes}}{U_f} 100 = \frac{I_{nes}}{I_{Cr}} 100 = \left|\frac{C_1 + a^2 C_2 + aC}{C_1 + C_2 + C_3}\right| 100. \qquad (6)$$

În unități relative :

Dacă capacitatea C_1 este cea mai mare și se ia ca referință, avem :

$$\overline{u}_{nes} = \frac{1 + a^2 m_2 + a m_3}{1 + m_2 + m_3}, \qquad (7)$$

în care :

$$1 = \frac{C_1}{C_1},\ m_2 = \frac{C_2}{C_1} < 1,\ m_3 = \frac{C_3}{C_1} < 1.$$

În cazul unei nesimetrii monofazate și anume atunci cînd capacitatea C_2 a fazei 2 este mai mică decît capacitățile C_1 și C_3 ale fazelor 1 și 3 presupuse egale ($C_1 = C_3 = C$), avem din relația (7):

$$\bar{u}_{nes\,1} = \frac{m_2 - 1}{m_2 + 2} a^2, \tag{8}$$

în care :

$$m_2 = \frac{C_2}{C} < 1;$$

indicele 1 se referă la nesimetrii monofazate.

Atunci cînd capacitatea C_1 a fazei 1 este mai mică decît capacitățile C_2 și C_3 ale fazelor 2 și 3 presupuse egale ($C_2 = C_3 = C$) avem din aceeași relație (7):

$$\bar{u}_{nes\,1} = \frac{m_1 - 1}{m_1 + 2} \bar{1}, \tag{9}$$

în care :

$$m_1 = \frac{C_1}{C} < 1;$$

$\bar{1}$ — vectorul unitate al tensiunii fazei A.

În cazul nesimetriilor bifazate și anume atunci cînd capacitatea C_1 a fazei 1 este mai mare decît capacitățile C_2 și C_3 ale fazelor 2 și 3 presupuse egale ($C_2 = C_3 = C$) avem din relația (7):

$$\bar{u}_{nes\,2} = \frac{1 - m_{2,3}}{1 + 2m_{2,3}} \bar{1} \tag{10}$$

în care :

$$m_{2,3} = \frac{C}{C_1} < 1;$$

indicele 2 se referă la nesimetrii bifazate.

Din relațiile (5), (8), (9) și (10) se observă că neglijînd influența neînsemnată a coeficientului de amortizare d, tensiunea de nesimetrie U_{nes} este, în cazul micșorării capacității uneia din faze față de capacitățile egale ale celorlalte două faze, în opoziție de fază cu tensiunea fazei a cărei capacitate față de pămînt este mai mică, iar în cazul micșorării egale a capacității a două faze față de capacitatea celeilalte faze, în concordanță de fază cu tensiunea fazei a cărei capacitate este mai mare.

În anexa I, se dă după [1], construirea diagramei gradului de nesimetrie pentru cazul general al disimetriei capacităților conductorilor față de pămînt într-o rețea cu neutrul izolat.

Schema echivalentă a circuitului în care acționează tensiunea de nesimetrie (în rețeaua cu neutrul izolat) se poate urmări din figura 2, *b*.

Sub acțiunea ei în acest circuit circulă curentul de nesimetrie I_{nes} dacă nulul rețelei este legat la pămînt (fig. 1).

Mărimea tensiunii de nesimetrie la liniile aeriene este de 0,5—1,5% din tensiunea de fază normală a rețelei.

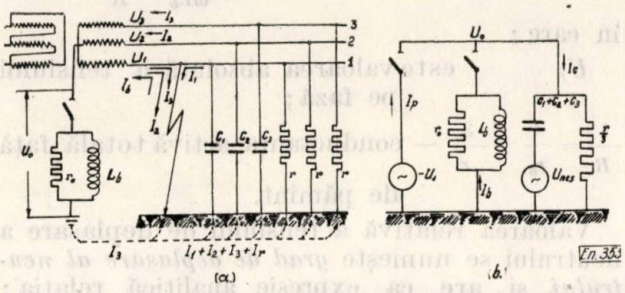


Fig. 2. Schema trifazată (*a*) și echivalentă (*b*) a unei rețele compensată prin bobină de stingere în cazul unei puneri la pămînt metalice.

Valoarea 0,5% se referă la liniile aeriene la care transpoziția conductorilor se face pe traseul liniilor cu stîlpi speciali (ex. : liniile de 110 kV), iar valoarea mai mare de 1% se întîlnește la liniile aeriene la care transpoziția conductorilor se face pe barele stațiilor de transformare (ex. : liniile de 35 kV).

La liniile în cablu tensiunea de nesimetrie este zero, deoarece poziția conductorilor față de manta este simetrică.

1.3. **Tensiunea de deplasare a neutrului** $\bar{U}_0$ apare în rețea atunci cînd la nulul transformatorului se conectează bobina de stingere (fig. 1). Această tensiune se măsoară la bornele bobinei de stingere și este creată de tensiunea de nesimetrie care lucrează ca o forță electromotoare în circuitul oscilant-serie format de capacitatea rețelei față de pămînt C_1, C_2, C_3 și inductanța bobinei de stingere L_b (fig. 1).

Ea este cu atît mai mare cu cît tensiunea de nesimetrie este mai mare, iar circuitul oscilant format se găsește mai aproape de rezonanță.

Valoarea tensiunii de deplasare a neutrului dă indicații asupra necesității transpoziției conductorilor în rețelele compensate.

Expresia sa analitică este [1]:

$$\bar{U}_0 = \frac{\bar{U}_1\left(j\omega C_1 + \frac{1}{r_1}\right) + \bar{U}_2\left(j\omega C_2 + \frac{1}{r_2}\right) + \bar{U}_3\left(j\omega C_3 + \frac{1}{r_3}\right)}{j\omega(C_1 + C_2 + C_3) - j\frac{1}{L_b \cdot \omega} + \frac{1}{r_0} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}} \tag{11}$$

în care :

$\bar{U}_1$, $\bar{U}_2$, $\bar{U}_3$, C_1, C_2, C_3, $\frac{1}{r_1}$, $\frac{1}{r_2}$, $\frac{1}{r_3}$ au aceleași semnificații ca în relațiile (3), (4) și (5).

L_b este inductanța bobinei de stingere;

$\frac{1}{r_0}$ — conductanța activă a bobinei de stingere;

U_0 — tensiunea de deplasare a neutrului.

Dacă tensiunile pe fază sînt simetrice, iar conductanțele de scurgeri pe fază sînt egale, expresia tensiunii de deplasare devine :

$$\overline{U}_0 = U_f = \frac{j\omega(C_1 + a^2 C_2 + a C_3)}{j\omega(C_1 + C_2 + C_3) - j\frac{1}{\omega L_b} + \frac{1}{R}} \qquad (12)$$

în care :

U_f este valoarea absolută a tensiunii pe fază ;

$\frac{1}{R} = \frac{1}{r_0} + \frac{3}{r}$ — conductanța activă totală față de pămînt.

Valoarea relativă a tensiunii de deplasare a neutrului se numește *grad de deplasare al neutrului* și are ca expresie analitică relația :

$$\overline{u}_0 = \frac{U_0}{U_f} = \frac{\overline{u}_{nes}}{\omega(C_1 + C_2 + C_3) - \frac{1}{\omega L_b} - j\frac{1}{R\omega(C_1 + C_2 + C_3)}}, \qquad (13)$$

care se mai poate scrie și sub forma :

$$\overline{u}_0 = \frac{\overline{u}_{nes}}{v - jd} \qquad (14)$$

în care :

$$v = \frac{\omega(C_1 + C_2 + C_3) - \frac{1}{\omega L_b}}{\omega(C_1 + C_2 + C_3)} = \frac{I_{Cr} - I_{br}{}^*}{I_{Cr}}, \qquad (15)$$

este gradul de dezacordare al circuitului, I_{Cr} fiind componenta reactivă a curentului capacitiv de punere la pămînt al circutului, iar I_{br} componenta reactivă a curentului de compensare ;

$$d = \frac{1}{R\omega(C_1 + C_2 + C_3)}, \qquad (16)$$

este coeficientul de amortizare al circuitului, care devine cu 1,5—2% mai mare decît același coeficient al circuitului cu neutrul izolat și dat de relațiile (1) și (2).

Curentul care curge în circuitul format prin conectarea bobinei de stingere la nulul transformatorului (fig. 1) se numește *curent de nesimetrie* I_{nes}.

1.4. **Curenții de compensare** ai bobinelor de stingere pe fiecare plot în parte cu componentele lor active și reactive.

Se măsoară cu scopul de a cunoaște valorile reale ale acestor curenți, astfel ca acordarea bobinei de stingere să se facă pe baza acestor valori, fabricile constructoare dînd în pașapoartele sau pe tăblița bobinei de stingere curenți de compensare cu o precizie de ± 10%.

1.5. **Curenții de punere la pămînt** cu componentele lor active și reactive, adică curenți rezultați la locul punerii la pămînt ca sumă vectorială a curenților capacitivi și de compensare peste care se suprapun curenți de armonici superioare care pot să existe în rețea din diverse cauze.

Măsurarea acestor curenți se face cu scopul de a stabili cea mai potrivită acordare a bobinei de stingere, mai ales în rețelele în care există curenți de armonici superioare.

* Rezultă din înmulțirea la numărător și numitor cu valoarea tensiunii pe fază.

2. Metode de măsurare

Pentru măsurarea curenților capacitivi, a curenților de compensare și a curenților de punere la pămînt, în literatură [1] se dau ca cele mai răspîndite metode :

a. Metoda punerii metalice la pămînt a uneia din fazele rețelei.

b. Metoda deplasării artificiale a neutrului rețelei cu ajutorul unei tensiuni străine aplicată neutrului.

c. Metoda punerii la pămînt a unei faze a rețelei printr-o rezistență activă sau printr-o inductanță nu este recomandată [1], [2], [3].

Valoarea unei metode trebuie apreciată după măsura în care îndeplinesc următoarele cerințe de bază :

1. Măsurătorile nu trebuie să conducă la întreruperea alimentării consumatorilor.

2. Măsurătorile nu trebuie să fie periculoase pentru personalul care le execută și pentru izolația rețelei prin obținerea de potențiale periculoase pentru aceasta din urmă.

3. Măsurătorile nu trebuie să necesite manevre operative complicate. Schemele adoptate pentru măsurători trebuie să fie simple și ușoare pentru instruirea personalului.

4. Erorile măsurătorilor nu trebuie să depășească 3—4%.

Ele trebuie să fie cu atît mai mici cu cît este mai mare tensiunea de lucru și cu cît sînt mai mari curenții capacitivi și curenții de compensare care se măsoară.

Indiferent de metoda adoptată pentru măsurarea curenților, la efectuarea măsurătorilor trebuie să se înceapă cu măsurarea tensiunii de nesimetrie și deplasare a neutrului, aceasta din urmă, de preferat, pentru toate ploturile bobinelor de stingere montate în rețea și pentru configurațiile posibile în exploatare ale rețelei.

În cele ce urmează se vor descrie metoda punerii metalice la pămînt a uneia din fazele rețelei și metoda deplasării artificiale a neutrului rețelei cu ajutorul unei tensiuni străine aplicate neutrului, ca metoda de măsurare a celor trei curenți.

De asemenea se va arăta modul în care se poate stabili mărimea curentului capacitiv al unei rețele pe baza măsurării tensiunii de deplasare a neutrului.

3. Metoda punerii metalice la pămînt a unei faze a rețelei

Această metodă constă în realizarea unei puneri metalice la pămînt a uneia din faze, în timpul măsurătorilor, astfel încît să se capete, pe acest timp, situațiile de funcționare la apariția unei puneri la pămînt metalice în rețea ca urmare a deteriorării izolației pe una din faze.

În figura 2 se dă pentru cazul unei puneri metalice la pămînt a uneia din faze, într-o rețea cu neutrul compensat prin bobină de stingere, o schemă trifazată simplă și schema echivalentă. iar în figura 3 diagrama tensiunilor și curenților

În diagrama tensiunilor (fig. 3) se vede că în cazul unei puneri metalice la pămînt a uneia

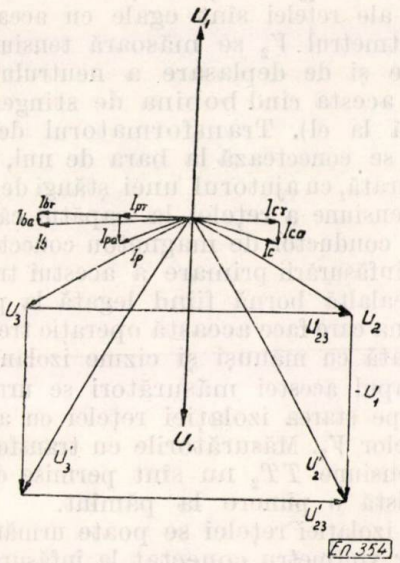


Fig. 3. Diagrama tensiunilor și curenților unei rețele compensată prin bobină de stingere în cazul unei puneri la pămînt metalice.

din faze neutrul capătă o tensiune $\overline{U}_0 = -\overline{U}_f$ sub acțiunea căreia se obține curentul capacitiv, curentul de compensare și curentul de punere la pămînt (fig. 2).

Chiar în aceasta constă principiul metodei.

Una din schemele folosite pentru măsurători este dată în figura 4,*a*.

Din această figură se observă că punerea la pămînt metalică a uneia din faze se realizează cu ajutorul întreruptorului automat I_1, ale cărui borne sînt legate ca în figură cu scopul de a micșora solicitarea contactelor sale.

Acest întreruptor automat trebuie să fie de tensiunea rețelei, el fiind un întreruptor de rezervă în stația de transformare în care se află montată bobina de stingere.

Trebuie să fie prevăzut cu protecție maximală rapidă reglată la de cinci ori curentul capacitiv de punere la pămînt și timp zero, pentru ca în cazul apariției unei puneri la pămînt în rețea, în timpul măsurătorilor, să se evite deconectarea liniei pe care a apărut punerea la pămînt.

Este de dorit ca comanda lui să se poată face de la locul de măsură.

Transformatoarele de curent TI_1 și TI_2 pot să fie de orice tensiune, cu condiția ca raportul de transformare să fie convenabil măsurării curenților respectivi.

Transformatoarele de tensiune TT_1 și TT_3 sînt de tensiunea rețelei, TT_3 fiind chiar transformatoarele de tensiune conectate la sistemul II de bare al stației de transformare.

Trebuind să măsoare tensiuni mici, transformatorul de tensiune TT_2 trebuie să fie de o tensiune nominală inferioară celei a rețelei (de exemplu, la măsurători în rețelele de 35 kV este recomandabil să se folosească un transformator de tensiune de 6 kV). În secundarul său se conectează un voltmetru astatic 7,5—60 V, de clasa 0,2 sau 0,5.

Atît în timpul măsurătorilor, cît și în timpul funcționării normale, nu se admite conectarea bobinei de stingere simultan la nulul ambelor transformatoare, deoarece în cazul apariției unei puneri la pămînt în rețea este necesar, pentru a se identifica linia defectă, să se deconecteze unul din transformatoare, fiindcă permanent nulul ambelor transformatoare capătă tensiunea de deplasare $\overline{U}_0 = -\overline{U}_f$ (deconectarea bobinei de stingere de la nulul uneia din transformatoare prin separatorul S_2 sau S_3 nu este permisă în timpul unei puneri la pămînt în rețea).

În afară de aceasta, din cauză că curenții de armonici superioare care apar datorită saturației diferite a celor două transformatoare și care se închid prin capacitatea rețelei și întrerup-

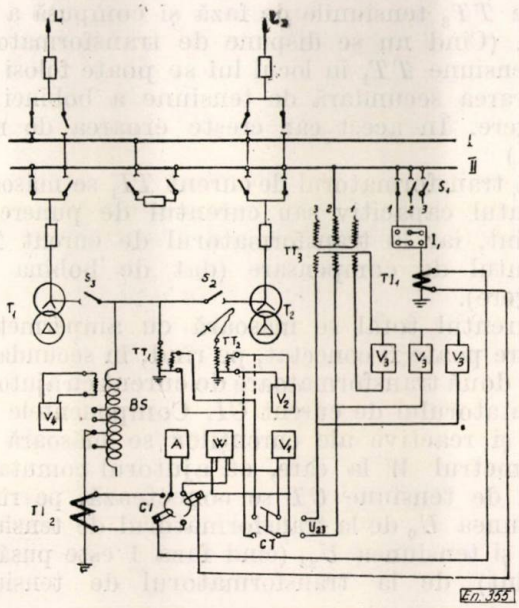


Fig. 4, *a*. Schema de măsură prin metoda punerii metalice la pămînt a unei faze.

torul automat I_1 măresc eroarea totală la măsurarea curentului de punere la pămînt (TI_1 fig. 4).

Acești curenți pot să producă de asemenea deformări ale curbelor tensiunii rețelei.

Cu transformatorul de tensiune TT_1 se măsoară tensiunea neutrului atunci cînd se realizează punerea la pămînt metalică, cu transfor-

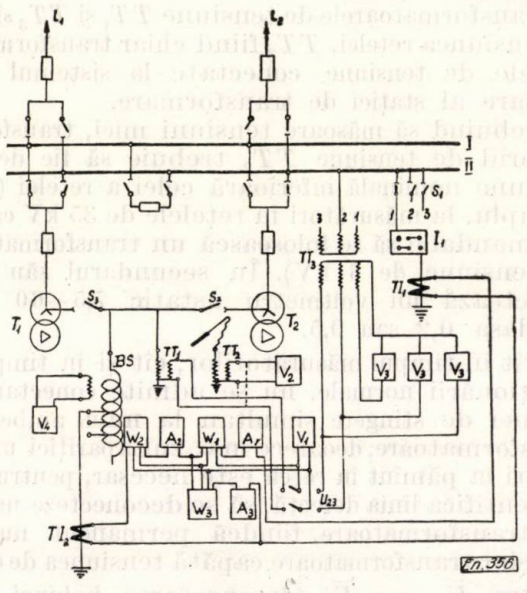


Fig. 4, *b*. Schema de măsură prin metoda punerii metalice la pămînt a unei faze.

matorul de tensiune TT_2, se măsoară tensiunea de nesimetrie și de deplasare a neutrului apărută ca urmare a conectării bobinei de stingere la acesta, iar cu transformatorul de tensiune TT_3 tensiunile de fază și compusă a rețelei. (Cînd nu se dispune de transformatorul de tensiune TT_1 în locul lui se poate folosi înfășurarea secundară de tensiune a bobinei de stingere. În acest caz crește eroarea de măsură.)

La transformatorul de curent TI_1 se măsoară curentul capacitiv sau curentul de punere la pămînt, iar la transformatorul de curent TI_2 curentul de compensare (dat de bobina de stingere).

Curentul total se măsoară cu ampermetrul A care poate fi conectat, pe rînd, în secundarul celor două transformatoare de curent cu ajutorul comutatorului de curent CI. Componentele active și reactive ale curenților se măsoară cu wattmetrul W la care, cu ajutorul comutatorului de tensiune CT se conectează, pe rînd, tensiunea U_0 de la transformatorul de tensiune TT_1 și tensiunea U_{23} (cînd faza 1 este pusă la pămînt) de la transformatorul de tensiune TT_3.

Valorile componentelor active și reactive ale curenților sînt date de relațiile :

$$I_a = \frac{W_a}{U_0} \quad \text{și} \quad I_r = \frac{W_r}{U_{23}} \tag{17}$$

În aceste relații W_a și W_r sînt indicațiile wattmetrului care, așa după cum se știe, pot fi scrise sub forma :

$$W_a = U_0 I \cos(\overline{U}_0\, \overline{I}) = U_0 I_a \tag{18}$$

$$W_r = U_{23} I \cos(\overline{U}_{23}\, \overline{I}) = U_{23} I_r. \tag{19}$$

Pentru măsurarea componentei reactive s-a conectat la wattmetrul W tensiunea U_{23}, deoarece direcția acesteia este paralelă cu direcția pe care urmează să se proiecteze I ca să dea componenta sa reactivă I_r (fig. 3).

Cu voltmetrul V_1 se măsoară tensiunea U_0 care apare pe neutru atunci cînd se pune faza 1 la pămînt prin întreruptorul automat I_1 și tensiunea U_{23} a rețelei (celelalte tensiuni compuse ale rețelei sînt egale cu aceasta).

Cu voltmetrul V_2 se măsoară tensiunea de nesimetrie și de deplasare a neutrului (care apare la acesta cînd bobina de stingere este conectată la el). Transformatorul de tensiune TT_2 se conectează la bara de nul, pentru scurtă durată, cu ajutorul unei ștangi de manevră de tensiune a rețelei la capătul căreia se leagă un conductor de magnetou conectat la o bornă a înfășurării primare a acestui transformator, cealaltă bornă fiind legată la pămînt.

Persoana care face această operație trebuie să fie echipată cu mănuși și cizme izolante.

Pe timpul acestei măsurători se urmărește de aproape starea izolației rețelei cu ajutorul voltmetrelor V_3. Măsurătorile cu transformatorul de tensiune TT_2 nu sînt permise dacă în rețea există o punere la pămînt.

Starea izolației rețelei se poate urmări și cu un singur voltmetru conectat la înfășurarea în triunghi deschis (dacă există) a transformatorului de tensiune TT_3.

Cu voltmetrele V_3 se obțin însă și tensiunile de fază ale căror valori pot prezenta interes.

Cu voltmetrul V_4 se măsoară tensiunea la bornele înfășurării secundare a bobinei de stingere, de la care se face semnalizarea regimului de lucru al acesteia.

În cazul cînd situațiile impun o citire simultană a mărimilor măsurate, în schema pentru măsurători (fig. 4, *a*) se renunță la comutatorul de curent CI și la comutatorul de tensiune CT, completîndu-se cu aparatele de măsură necesare.

Aceste situații sînt determinate de variația tensiunii, de variația curenților de armonici superioare etc.

Schema din figura 4, *a* se folosește la măsurători atunci cînd în rețeaua la care se fac măsurători se află montate una sau mai multe bobine de stingere.

Cînd în această rețea se află montată o singură bobină de stingere pentru măsurători se poate folosi schema din figura 4, *b*.

În această schemă, spre deosebire de schema din figura 4, *a* trebuie ca transformatoarele de

curent TI_1 și TI_2 să aibă rapoarte de transformare egale, iar cu ampermetrele și wattmetrele A_1, W_1, A_2, W_2 și A_3, W_3 se măsoară respectiv valorile totale și componentele curenților de punere la pămînt, de compensare și capacitiv.

Eroarea de metodă se datorește tensiunii de nesimetrie și este :

$$\delta\% = \pm \frac{U_{nes}}{U_0} \cdot 100 = \pm \frac{U_{nes}}{U_f} \cdot 100. \quad (20)$$

Ea este în limita tensiunii de nesimetrie a rețelei (a se vedea paragraful 1).

Erorile de măsură se datoresc erorilor date de transformatoarele de tensiune și curent și aparatelor de măsură folosite.

Este de dorit ca aceste transformatoare să nu aibă o clasă de precizie mai mare de 1, iar aparatele mai mari de 0,5, astfel ca eroarea cea mai mare să nu depășească 3%.

Pe lîngă măsurătorile care se fac cu aparatele arătate în schemele pentru măsurători (fig. 4, *a*, 4, *b*) este foarte recomandabil să se oscilografieze :

— curentul capacitiv pentru a cunoaște forma curbei sale din regimul stabilizat și în special valorile amplitudinilor sale din regimul tranzitoriu care au o acțiune ionizantă și termică nefavorabilă la locul de defect ;

— tensiunea pe faza avariată pentru a cunoaște timpul său de restabilire, timp de care depinde reamorsarea arcului la locul de defect și care este cu atît mai mare cu cît acordarea bobinei de stingere este făcută mai aproape de rezonanță ;

— curentul de compensare pentru a cunoaște forma curbei sale din regimul stabilizat și în special valorile amplitudinilor sale în regimul tranzitoriu și întîrzierea în timp a acestora față de cele ale curentului capacitiv ;

— curentul de punere la pămînt pentru a cunoaște eventualele armonici de ordin superior care intră în componența sa ;

— tensiunea pe neutru pentru a cunoaște timpul său de amortizare ;

— tensiunea pe una din fazele fără defect.

Oscilografierile se fac la crearea punerii la pămînt și la îndepărtarea punerii la pămînt, pentru diverse valori ale unghiului de fază al tensiunii fazei cu defect.

Aceste oscilografieri se fac pentru schemele care sînt folosite cel mai mult în funcționare.

Ordinea manevrelor și a măsurătorilor este următoarea (fig. 4, *a*) :

1. Se trece pe sistemul II de bare transformatorul T_2 și una din liniile rețelei, separînd-o galvanic de restul liniilor.

2. Se măsoară la nulul transformatorului T_2 (separatorul S_2 deschis) tensiunea de nesimetrie cu ajutorul transformatorului de tensiune TT_2. (Măsurarea directă cu voltmetru V_2 a acestei tensiuni poate da naștere la erori dacă impedanța sa este mică în raport cu conductanța rețelei.)

3. Se conectează la nulul transformatorului T_2 bobina de stingere prin conectarea separatorului S_2 (separatorul S_3 rămîne deschis). Se măsoară tensiunea de deplasare a neutrului cu transformatorul de tensiune TT_2, după ce s-a verificat în prealabil, că nu se poate măsura cu transformatorul de tensiune TT_1.

Se fac în plus citiri la voltmetrele V_3 și la voltmetrul V_1 conectat pe poziția din dreapta a comutatorului de tensiune CT.

Dacă tensiunea de deplasare a neutrului este mare se pot face citiri și la aparatele conectate la transformatorul de curent TI_2 prin care circulă curentul de nesimetrie. În acest caz pentru a măsura componenta activă a acestui curent, la wattmetrul W se ia tensiunea de la transformatorul de tensiune TT_2.

Tensiunea de deplasare a neutrului se măsoară facultativ pentru toate ploturile bobinei de stingere, însă obligatoriu pe plotul care dă o valoare de rezonanță, de cea mai mică supracompensare și de cea mai mică subcompensare față de curentul capacitiv de punere la pămînt calculat.

4. Se deconectează bobina de stingere de la bara de nul prin desfacerea cordonului de legătură. După aceasta se realizează punerea la pămînt metalică prin închiderea întreruptorului automat I_1.

Se fac citiri la aparatele de măsură (la transformatorul de curent TI_1 se măsoară curentul capacitiv).

Durata punerii la pămînt este de 1—2 minute.

5. Se deconectează întreruptorul automat I_1, se conectează bobina de stingere la nulul transformatorului T_2 și apoi se închide întreruptorul automat I_1.

Se fac citiri la aparatele de măsură (la transformatorul de curent TI_2), se măsoară curentul de compensare dat de bobină, iar la transformatorul de curent TI_1, curentul de punere la pămînt.

Durata punerii la pămînt este de 1—2 minute.

(Cînd pentru măsurători se adoptă schema din figura 4, *b*, măsurătorile de la punctele 4 și 5 se pot efectua numai printr-o singură punere la pămînt. În aceasta constă tocmai avantajul folosirii schemei din figura 4, *b* față de cea din figura 4, *a* atunci cînd în rețeaua la care se fac măsurători se află montată o singură bobină de stingere.)

Trebuie ca bobina de stingere să fie comutată pe plotul care permite realizarea celui mai mic curent de punere la pămînt. Aici se ține seama și de faptul ca pînă la sfîrșitul măsurătorilor procedînd în modul acesta să se comute bobina de stingere pe toate ploturile sale, astfel ca să se poată măsura curenții de compensare ai acestora.

Manevrele și măsurătorile arătate mai sus se execută pentru fiecare linie în parte. Sînt scheme care cer pentru aceasta înscrierea mai multor linii. În asemenea situații se are în vedere să se aleagă acea combinație care, în cazul realizării punerii la pămînt, să permită obținerea celui mai mic curent capacitiv.

Ultimele cerințe sînt impuse de faptul că în cazul apariției unei puneri la pămînt în rețea, în timpul măsurătorilor, după deconectarea întreruptorului automat I_1, arcul apărut la locul de defect să se stingă ușor sau să nu pericliteze izolația dintre faze.

Pentru verificarea rezultatelor se recomandă să se măsoare curentul capacitiv al întregii rețele.

Metoda punerii metalice la pămînt este recomandată [1] prin faptul că prezintă avantajul unui minimum de lucrări pregătitoare, relativă ușurință în procurarea transformatoarelor de curent cu raport de transformare potrivit pentru măsurarea curenților și se realizează pe baza unei scheme simple și clare.

Permite obținerea directă a valorilor măsurate pentru condiții foarte apropiate de cazul funcționării rețelei cu o punere la pămînt, aceasta avînd importanță, în special, la măsurarea curenților de compensare ai bobinelor de stingere, care lucrează în cotul curbei de saturație.

Erorile de măsură sînt de 3—4%.

Practic se pot măsura toate mărimile care interesează la acordarea bobinei de stingere, inclusiv coeficientul de amortizare d.

Solicitarea izolației la tensiunea de linie, pe timpul măsurătorilor, într-o rețea cu izolația normală nu este privită [1] ca un dezavantaj al acestei metode.

Este folosită la măsurători în rețelele al căror curent capacitiv nu depășește valori moderate [5].

4. Metoda deplasării artificiale a neutrului cu ajutorul unei tensiuni străine aplicată neutrului

În figura 5 se dă schema de principiu folosită la măsurători în cazul adoptării metodei deplasării artificiale a neutrului cu ajutorul unei tensiuni străine aplicată pe neutru.

Spre deosebire de metoda punerii metalice la pămînt a unei faze, în cazul metodei deplasării artificiale a neutrului acesta capătă, de la o sursă străină, o tensiune sincronă $\overline{U'_0}$ mai mică decît tensiunea de fază.

Aceasta permite ca pe oricare din fazele rețelei să se obțină o tensiune mai mică decît tensiunea de linie, astfel ca solicitarea izolației să nu fie periculoasă chiar în rețelele cu izolația slăbită.

Valorile curenților măsurați se recalculează la tensiunea nominală de fază a bobinei de stingere mărindu-se de $n' = \frac{U_{fn\ bobină}}{U'_0}$ ori.

Valoarea tensiunii străine se alege astfel ca tensiunea pe nici una din fazele rețelei să nu depășească 1,2 U_f, iar eroarea de metodă să nu depășească 3—4%.

Prima condiție cere micșorarea tensiunii străine aplicată neutrului, iar cea de a doua condiție cere mărirea acestei tensiuni.

Ambele condiții sînt cel mai bine satisfăcute cînd tensiunea străină $\overline{U'_0}$ aplicată neutrului este în opoziție de fază cu una din tensiunile de fază ale rețelei (a se vedea și fig. 7).

Eroarea de metodă se datorește existenței în rețea a tensiunii de nesimetrie și se poate calcula conform schemei echivalente din figura 6.

În această schemă valoarea curentului capacitiv măsurată $I_{Cm\ s}$ la transformatorul de curent TI_3, atunci cînd se neglijează componenta activă a curentului capacitiv I'_C produs de tensiunea străină $\overline{U'_0}$ aflat în opoziție de fază cu tensiunea fazei a cărei capacitate este mai mică decît capacitățile egale ale celorlalte două faze sau în fază cu tensiunea fazei a cărei capacitate este mai mare decît capacitățile egale ale celorlalte două faze, este dată de relația:

$$I_{Cm\ s} = I'_C \pm I_{nes} \qquad (21)$$

a cărei demonstrație este dată în anexa II.

Pentru o rețea dată, curentul de nesimetrie rămîne constant pentru că el depinde de conductanța capacitivă față de pămînt a rețelei ($\omega C = \omega C_1 + \omega C_2 + \omega C_3$) care practic rămîne constantă și de tensiunea de nesimetrie a rețelei U_{nes} care de asemenea este constantă, în mod practic, ea fiind determinată în ultima instanță, de neegalitatea capacităților conductorilor față de pămînt.

Pentru aceeași rețea curentul capacitiv I'_C depinde de conductanța capacitivă față de pămînt a rețelei ($\omega C = \omega C_1 + \omega C_2 + \omega C_3$) constantă și de tensiunea $\overline{U'_0}$ aplicată neutrului, fiind proporțional cu aceasta din urmă.

Cu cît U'_0 este mai mare, cu atît I'_C are o pondere mai mare în valoarea măsurată a curentului capacitiv $I_{Cm\ s}$, iar curentul capacitiv recalculat la tensiunea nominală a rețelei I_{Crecal} va fi cu atît mai apropiat de valoarea curentului capacitiv I_C, care apare în rețea la o punere la pămînt metalică a unei faze, cînd nulul rețelei capătă tensiunea $\overline{U_0} = -\overline{U_f}$.

Cele de mai sus reies și din relația:

$$I_{C\,recal} = I_{C\,măs}\frac{U_f}{U'_0} = (I'_C \pm I_{nes})\frac{U_f}{U'_0} =$$

$$= I_C\left(\frac{U'_0}{U_f} \pm \frac{U_{nes}}{U_f}\right)\frac{U_f}{U'_0} = I_C\left(1 \pm \frac{U_{nes}}{U'_0}\right), \qquad (22)$$

de unde rezultă eroarea:

$$\delta\% = \frac{I_{C\,recal} - I_C}{I_C}\,100 = \pm\frac{U_{nes}}{U'_0}\,100. \qquad (23)$$

În cazul general al nesimetriilor monofazate și bifazate ale capacităților față de pămînt a conductorilor rețelei, curentul capacitiv măsurat $I_{C\,măs}$ la transformatorul de curent TI_3 este conform celor arătate în anexa II:

$$\overline{I}_{C\,măs} = \overline{I}'_C - \overline{I}_{nes} \qquad (24)$$

Valoarea recalculată a acestui curent va fi:

$$\overline{I}_{C\,recal} = \overline{I}_{C\,măs}\frac{U_f}{U'_0} = (\overline{I}'_C - \overline{I}_{res})\frac{U_f}{U'_0} =$$

$$= I_C\left(j\frac{\overline{U}'_0}{U_f} - j\frac{\overline{U}_{nes}}{U_f}\right)\frac{U_f}{U'_0} = I_C\left(j\overline{u}'_0 - j\frac{\overline{U}_{nes}}{U'_0}\right), \qquad (25)$$

unde $\overline{u}'_0$ este vectorul unitate al tensiunii $\overline{U}'_0$.

Se observă din această relație că și în cazul general $\delta\% = \pm U_{nes}/U'_0 \cdot 100$.

Deci, eroarea de metodă va fi cu atît mai mică cu cît tensiunea străină U'_0 aplicată neutrului este mai mare.

Pentru rețelele aeriene de 35 kV la care $U_{nes} = 200$ V (adică 1% din tensiunea de fază) avem:

$$\delta\% = \pm\frac{200}{U'_0}100.$$

Atît prima cît și a doua condiție impuse la alegerea tensiunii străine aplicată pe neutru sînt satisfăcute dacă $U'_0 = 1/3 \cdot U_f$.

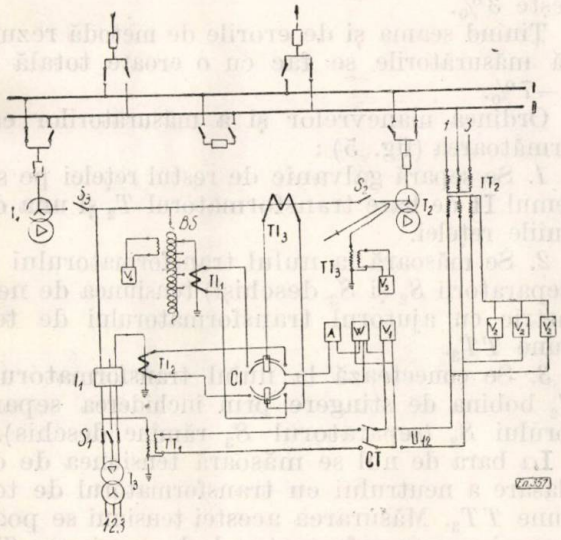


Fig. 5. Schema de măsură prin metoda aplicării unei tensiuni străine pe neutru.

Tensiunea străină U'_0 poate fi dată de un transformator de putere T_3 (fig. 5) sau de o rețea de joasă tensiune.

De la transformatorul T_3 o fază se leagă la nulul transformatorului rețelei T_2 prin întreruptorul automat I_1, iar a doua fază la pămînt prin contactele aceluiași întreruptor automat și prin transformatorul de curent TI_2.

Pentru ca tensiunea străină U'_0 aplicată neutrului să fie în opoziție de fază cu una din tensiunile de fază ale rețelei, trebuie ca atunci cînd tensiunea de alimentare a transformatorului T_3 nu este defazată față de tensiunea de

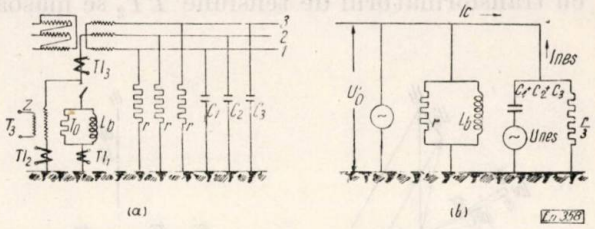


Fig. 6. Schema trifazată (*a*) și echivalentă (*b*) în cazul aplicării unei tensiuni străine pe neutru într-o rețea compensată prin bobină de stingere.

alimentare a transformatorului T_2, grupa lui de conexiune să fie aceeași sau opusă celei a transformatorului T_2.

Puterea sursei de la care se alimentează transformatorul T_3 nu trebuie să fie mai mică decît

$$W = 3U_f\frac{U'_0}{U_f}I_C\frac{U'_0}{U_f} = n^2Q_c, \qquad (26)$$

în care:

Q_c este puterea capacitivă a rețelei;
U_f — tensiunea de fază a rețelei;
I_C — curentul capacitiv al rețelei în cazul unei puneri metalice la pămînt a unei faze.

Dacă înfășurarea transformatorului T_3 de la care se ia tensiunea U'_0 este legată în stea puterea lui va trebui să fie $3n^2Q_c$, iar dacă aceeași înfășurare este legată în triunghi atunci puterea va trebui să fie $2n^2Q_c$.

Aceasta deoarece în primul caz întreaga putere n^2Q_c este debitată pe două faze în serie, iar în al doilea caz pe o fază în paralel cu celelalte două.

Întreruptorul automat I_1 trebuie să fie prevăzut cu protecție maximală rapidă reglată la de cinci ori curentul capacitiv și timpul zero, și o protecție de tensiune maximă reglată deasemenea la timp zero.

El trebuie să fie de tensiunea rețelei la care se fac măsurătorile.

Aceste cerințe sînt impuse de o eventuală apariție a unei puneri la pămînt în rețea în timpul măsurătorilor, cînd trebuie să se evite deconectarea liniei pe care a apărut punerea la pămînt și deteriorarea utilajului folosit, de către tensiunea U_f care apare pe neutru în acest caz.

Transformatoarele de curent TI_1 și TI_2 pot să fie de orice tensiune, transformatorul de curent TI_3 trebuie să fie de tensiunea rețelei la care se face măsurătorile, iar transformatoarele de tensiune TT_1 și TT_3 pot să fie de tensiunea U'_0.

Pentru aceleași motive arătate în paragraful 3 nu se admite conectarea bobinei de stingere,

în același timp la nulul ambelor transformatoare ale rețelei.

Cu transformatorul de tensiune TT_1 se măsoară tensiunea străină U'_0 aplicată neutrului după închiderea întreruptorului automat I_1; cu transformatorul de tensiune TT_2 se măsoară

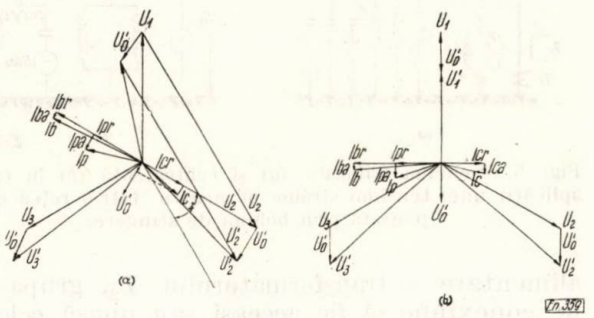


Fig. 7. Diagrama tensiunilor și curenților într-o rețea compensată prin bobină de stingere cînd neutrului i se aplică o tensiune străină, în opoziție de fază (*a*) sau făcînd un unghi oarecare cu una din tensiunile de fază ale rețelei (*b*).

tensiunile rețelei la care se fac măsurători, iar cu transformatorul de tensiune TT_3 se măsoară tensiunea de nesimetrie și de deplasare a neutrului rețelei.

La transformatorul de curent TI_1 se măsoară curentul de compensare dat de bobina de stingere, la transformatorul de curent TI_2 se măsoară curentul de punere la pământ, iar la transformatorul de curent TI_3 se măsoară curentul capacitiv.

Cu ampermetrul A, care poate fi conectat pe rînd cu comutatorul de curent CI în secundarul celor trei transformatoare de curent, se măsoară curenții totali, iar cu wattmetrul W componentele active și reactive ale acestor curenți după cum el ia tensiunea U'_0 de la transformatorul de tensiune TT_1 sau de la transformatorul de tensiune TT_2 cu ajutorul comutatorului de tensiune CT.

Dacă tensiunea străină U'_0 aplicată neutrului este în opoziție de fază cu tensiunea fazei 3, atunci pentru măsurarea componentelor reactive ale curenților la wattmetrul W se ia tensiunea $\overline{U}_{12}$.

În acest caz componentele curenților sînt date de relațiile: $I_a = W_a/U'_0$ și $I_r = W_r/U_{12}$ în care W_a și W_r sînt indicațiile wattmetrului W.

Dacă tensiunea străină U'_0 face de exemplu un unghi de 30° cu tensiunea fazei 1 (fig. 7) luînd la wattmetru W pentru măsurarea componentelor reactive ale curenților tensiunea $\overline{U}_{12}$, atunci relațiile care dau componentele curenților vor fi:

$$I_a = \frac{W_a}{U'_0} \text{ și } I_r = \frac{W_r}{U_{12}\cos 30°} = 1{,}155\,\frac{W_r}{U_{12}}, \quad (27)$$

unde W_a și W_r sînt de asemenea indicațiile wattmetrului W, care în acest caz se pot scrie:

$$W_a = U'_0 \cdot I \cdot \cos(\overline{U}'_0\overline{I}) = U'_0 \cdot I_a \quad (28)$$

$$W_r = U_{12} \cdot I \cdot \cos(\overline{U}_{12}\,\overline{I}). \quad (29)$$

Neglijînd influența neînsemnată a componentei active a curentului I, proiecția lui W_r pe direcția paralelă cu cea pe care urmează să se proiecteze I ca să dea pe I_r este $\frac{W_r}{\cos 30°} = U_{12}I_r$ de unde rezultă cea de-a doua din relațiile (27).

Cu voltmetrul V_1 se măsoară tensiunea străină U'_0 aplicată neutrului și tensiunea de linie a rețelei aplicată wattmetrului W pentru măsurarea componentei reactive a curenților (celelalte tensiuni de linie sînt egale cu aceasta).

Cu voltmetrul V_2 se face controlul izolației rețelei și se măsoară tensiunile de fază ale acesteia.

Cu voltmetrul V_3 se măsoară tensiunea de nesimetrie și de deplasare a neutrului rețelei. Tehnica măsurării acestor tensiuni este cea arătată în paragraful 3.

Cu voltmetrul V_4 se măsoară tensiunea la bornele înfășurării secundare a bobinei de stingere.

Erorile de măsură se datoresc erorilor date de transformatoarele de tensiune și curent și de aparatele de măsură. Folosind transformatoarele de clasă de precizie 1 și aparate de clasă de precizie 0,5 eroarea de măsură cea mai mare nu depășește 3%.

Ținînd seama și de erorile de metodă rezultă că măsurătorile se fac cu o eroare totală de 6—7%.

Ordinea manevrelor și a măsurătorilor este următoarea (fig. 5):

1. Se separă galvanic de restul rețelei pe sistemul II de bare transformatorul T_2 și una din liniile rețelei.

2. Se măsoară la nulul transformatorului T_2 (separatorii S_2 și S_3 deschiși) tensiunea de nesimetrie cu ajutorul transformatorului de tensiune TT_3.

3. Se conectează la nulul transformatorului T_2 bobina de stingere prin închiderea separatorului S_2 (separatorul S_3 rămîne deschis).

La bara de nul se măsoară tensiunea de deplasare a neutrului cu transformatorul de tensiune TT_3. Măsurarea acestei tensiuni se poate face și cu transformatorul de tensiune TT_1 prin deschiderea pe cele trei faze a separatorului S_1 și închiderea întreruptorului automat I_1, dacă se consideră că numărul sporit al manevrelor cu acest întreruptor automat nu afectează buna lui funcționare.

Se fac în plus citiri la voltmetru V_1 conectat pe poziția din dreapta a comutatorului de tensiune CT și la voltmetrele V_2.

Se mențin remarcile făcute în paragraful 3 în legătură cu măsurarea curentului de nesimetrie și cu alegerea ploturilor bobinei de stingere.

4. Se comută bobina de stingere pe plotul care permite realizarea celui mai mic curent de punere la pămînt (pe baza curentului capacitiv calculat și a curentului bobinei de stingere din pașaportul său sau de pe tăbliță sa) avînd în vedere ca pînă la sfîrșitul măsurătorilor bobina de stingere să fie comutată pe toate ploturile.

5. Se măsoară tensiunea străină în gol cu ajutorul transformatorului TT_1 după închiderea întreruptorului automat I_1 (separatorii S_2 și S_3 fiind deschiși). Pentru a evita eventualele supratensiuni de comutație în circuitul care se formează este bine ca bobina de stingere să fie desfăcută de la bara de nul.

Măsurarea tensiunii străine în gol nu prezintă interes decît atunci cînd, ca urmare a combinării cu sarcina capacitivă a rețelei, prin aplicarea acestei tensiuni la neutru valoarea ei poate să crească.

6. Se aplică tensiunea străină la nulul transformatorului T_2 prin închiderea întreruptorului automat I_1.

Se fac citiri cu aparatele de măsură asupra curenților capacitivi, de compensare și de punere la pămînt cu componentele lor active și reactive, tensiuni străine, tensiunilor de fază și de linie ale rețelei.

Manevrele și măsurătorile de mai sus se repetă pentru fiecare linie în parte și pentru întreaga rețea.

Avantajul metodei deplasării artificiale a neutrului rețelei cu ajutorul unei tensiuni străine constă în aceea că tensiunea pe fazele rețelei crește neînsemnat, fapt care o face să fie aplicată în rețelele care au porțiuni sau echipamente cu izolația slăbită și a căror izolare, pe timpul măsurătorilor, nu este posibilă.

Dezavantajul metodei constă în volumul mare de lucrări pregătitoare, în special pentru obținerea tensiunii străine.

Este greu să se procure transformatorul de curent la tensiunea rețelei cu raport de transformare mic, care trebuie să măsoare curentul capacitiv.

Chiar atunci cînd sînt folosite transformatoare de curent și tensiune de clasa 1 și aparate de clasa 0,5 erorile la măsurători ating 6—7%.

Prin faptul că reprezintă numai cîteva procente din valorile curenților totali, practic nu este posibil să se măsoare componentele active ale curenților capacitivi, de compensare și de punere la pămînt. Aceasta conduce în special la faptul că nu se poate stabili valoarea coeficientului de amortizare d, care intră în calculele de acordare ale bobinei de stingere și care dă indicații asupra stării izolației.

Necesită recalcularea curenților măsurați la tensiunea nominală a bobinei de stingere, ceea ce face, în special, ca valorile curenților de compensare recalculați să nu corespundă cu cei reali, cînd bobina de stingere lucrează la tensiunea rețelei în cotul curbei de magnetizare. Toate aceste dezavantaje fac ca metoda deplasării artificiale a neutrului cu ajutorul unei tensiuni străine aplicată lui să nu fie folosită decît atunci cînd s-a constatat în mod practic din experiența exploatării, că solicitarea izolației la tensiunea de linie este periculoasă pentru aceasta, în diverse puncte ale rețelei care nu pot fi izolate pe timpul măsurătorilor.

5. Determinarea curentului capacitiv pe baza curbei tensiunii de deplasare a neutrului

Pentru determinarea curentului capacitiv pe baza curbei de deplasare a neutrului se construiește această curbă prin conectarea la nul a bobinei de stingere pe fiecare plot în parte măsurînd de fiecare dată tensiunea la neutru.

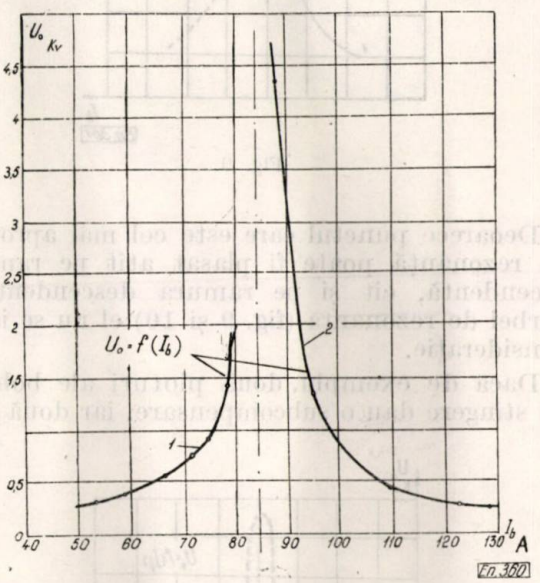


Fig. 8. Curba tensiunii de deplasare a neutrului în funcție de curentul de compensare ridicat experimental într-o rețea de 35 kV cu $I_C = 83{,}6$ A și $U_{nes} = 0{,}142$ kV ($u_{nes} = 0{,}7\%$): *1* — ramura subcompensată; *2* — ramura supracompensată.

Valorile măsurate ale tensiunii de deplasare a neutrului se așază în ordonată, iar valorile curenților ploturilor bobinei de stingere dați în pașaportul sau pe tăbliță acesteia, se așază în abscisă (fig. 8). Menționăm că nu se obțin ramuri simetrice ale curbei tensiunii de deplasare a neutrului.

Dacă în rețea sînt montate mai mult de o bobină de stingere se fac toate combinațiile între ploturi, astfel ca să se obțină cît mai multe puncte cu ajutorul cărora se va construi curba tensiunii de deplasare a neutrului. Punctele care ies din alura generală a unei curbe de rezonanță, se elimină.

Dacă în rețea există montată numai o singură bobină de stingere, de exemplu cu cinci ploturi, această metodă se poate folosi dacă pe patru ploturi ale sale bobina de stingere dă față de

curentul capacitiv al liniei sau al rețelei respective o subcompensare sau o supracompensare certă.

Acest lucru se stabilește aranjînd pe grafic datele obținute.

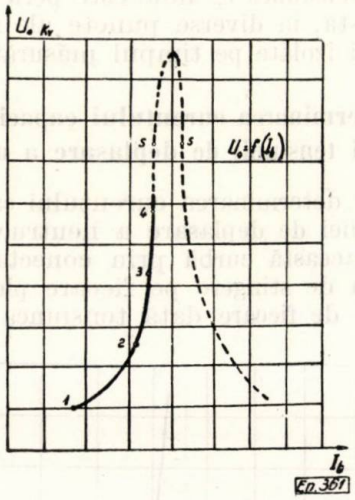


Fig. 9.

Deoarece punctul care este cel mai apropiat de rezonanță poate fi plasat atît pe ramura ascendentă, cît și pe ramura descendentă a curbei de rezonanță (fig. 9 și 10) el nu se ia în considerație.

Dacă de exemplu, două ploturi ale bobinei de stingere dau o subcompensare, iar două plo-

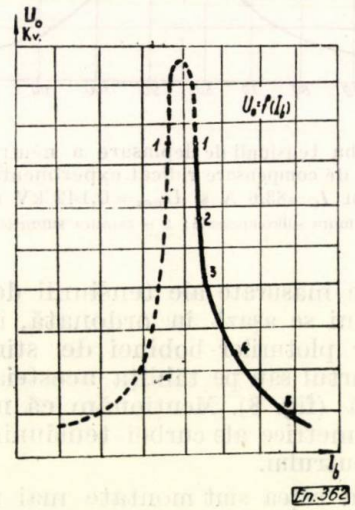


Fig. 10.

turi o supracompensare, atunci cel de-al cincilea plot care tinde către rezonanță nu se ia în considerație pe aceleași considerente ca mai sus. Ramurile curbei tensiunii de deplasare a neutrului trasate prin cîte două puncte nu pot fi luate în considerație. De aceea, în acest caz, curba tensiunii de deplasare a neutrului nu poate fi folosită la determinarea curentului capacitiv.

Modul de folosire a acestei metode rezultă din cele ce urmează.

Din relația (14) rezultă valorile absolute ale gradului și tensiunii de deplasare a neutrului:

$$u_0 = \frac{u_{nes}}{\sqrt{v_v^2 + d^2}}, \tag{30}$$

$$U_0 = u_0 U_f = \frac{U_{nes}}{\sqrt{v^2 + d^2}}. \tag{31}$$

Deoarece în timpul măsurătorilor pentru o anumită rețea U_{nes} nu se schimbă, atunci pentru diferite valori ale gradului de dezacordare (v_1, v_2) făcînd raportul tensiunilor de deplasare ale neutrului vom avea din relația (31):

$$\frac{U_{01}}{U_{02}} = \frac{\sqrt{d^2 + v_2^2}}{\sqrt{d^2 + v_1^2}}. \tag{32}$$

Neglijînd valorile componentelor reactive ale curenților capacitivi și de compensare și înlocuind pe v_1 și v_2 cu expresia din relația (15) avem:

$$\frac{U_{01}}{U_{02}} = \frac{I'_C - I_{b2}}{I'_C - I_{b1}}, \tag{33}$$

de unde se obține curentul capacitiv total al rețelei stabilit pe baza acestei metode:

$$I'_C = \frac{I_{b2} - \frac{U_{01}}{U_{02}} I_{b1}}{1 - \frac{U_{01}}{U_{02}}}. \tag{34}$$

În această relație I_{b1} și I_{b2} reprezintă valorile curenților totali de compensare dați de bobinele de stingere din rețea în anumite combinații ale ploturilor lor, valori care se iau conform indicațiilor date pe tăblițele sau în pașaportul acestora sau valori luate de pe absciса curbei de deplasare a neutrului (fig. 8) fie în partea subcompensată fie în partea supracompensată a curbei tensiunii de deplasare a neutrului; U_{01} și U_{02} sînt tensiunile de deplasare ale neutrului corespunzătoare la curenții de compensare considerați mai sus, tensiuni măsurate efectiv sau luate de pe ordonata aceleiași curbe.

I'_C se obține cu o eroare de $\pm$ 8—10% față de valoarea reală a curentului capacitiv total. Aceasta se datorește neglijării coeficientului de amortizare d al rețelei, erorii aparatelor și transformatoarelor de tensiune cu care se fac măsurătorile și mai ales diferențelor între valorile reale ale curenților de compensare și cele înscrise pe tăblițele sau în pașapoartele bobinelor de stingere.

Se micșorează această eroare prin mărirea numărului de măsurători, curentul capacitiv luîndu-se egal cu :

$$I_C = \frac{\sum_1^n I'_C}{n}, \qquad (35)$$

unde n este numărul determinărilor lui I'_C pe baza relației (34).

Pentru exemplificare se dă după [1] un exemplu :

Într-o rețea de 35 kV al cărei curent capacitiv de punere la pămînt măsurat prin metoda punerii metalice la pămînt și raportat la tensiunea nominală a bobinei de stingere este de 83,6 A se află montate două bobine de stingere ЭРОМ — 1100/35 și ЭРОМ — 550/35.

Executînd măsurătorile conform celor spuse mai sus s-a obținut curba tensiunii de deplasare a neutrului în funcție de curentul de compensare (fig. 8) din care se extrag datele din tabela 1.

Tabela 1

n	1	2	3	4	5	6	7
U_{01}	0,35	0,35	0,434	0,8	4,33	1,33	0,436
U_{02}	0,434	0,6	0,8	1,46	0,255	0,33	0,3
I_{b1}	53,2	53,2	58,8	71,4	87,8	95,2	109,3
I_{b2}	58,8	66,2	71,4	77,1	128	117,2	122
I_C	82	84,2	86,3	84,2	85,5	88	81,5

Din această tabelă conform relației (35) vom avea :

$$I_C = \frac{591{,}7}{7} = 84{,}6 \text{ A}$$

adică cu o eroare :

$$\delta\% = \frac{84{,}6 - 83{,}6}{83{,}6} 100 = 1{,}2\%$$ față de curentul capacitiv de punere la pămînt măsurat prin metoda punerii metalice la pămînt, care la rîndul său este măsurată cu o eroare de 3%.

Se observă din tabela 1 că pentru $n = 6$ și $n = 7$ valorile lui I'_C prezintă o eroare respectiv de $+5{,}3\%$ și $-2{,}5\%$ față de același curent capacitiv de punere la pămînt.

În rețelele de cablu din care lipsește tensiunea de nesimetrie aceasta se creează prin deconectarea unei faze a unui cablu de rezervă aflat sub tensiune.

În rețelele de cablu care lucrează cu neutrul izolat avem :

$$I_C = \Delta i_c \frac{1 + u_{nes}}{u_{nes}} \qquad (36)$$

în care :

I_C este valoarea aproximativă a curentului capacitiv total al rețelei ;

Δi_c — valoarea aproximativă a curentului capacitiv al fazei cablului de rezervă deconectată, luată după datele din cataloage ca o treime din cel al unui cablu trifazat.

Pentru a nu depăși o tensiune de nesimetrie de 4—5% pe neutru se stabilește în prealabil lungimea fazei cablului de rezervă deconectată din relația (36) care se mai poate scrie :

$$\Delta i_c \cong I_C u_{nes} \qquad (37)$$

Impunînd pe u_{nes} între limitele de mai sus și apreciind pe I_C, după relația (37) se stabilește lungimea fazei care trebuie deconectată.

Analog se procedează în rețelele aeriene care au o bună transpoziție a fazelor. În acest caz se deconectează conductorul unei faze la o linie scurtă.

Cu ajutorul curbei tensiunii de deplasare a neutrului se poate obține și valoarea componentei active a acestui curent și prin aceasta valoarea coeficientului de amortizare d.

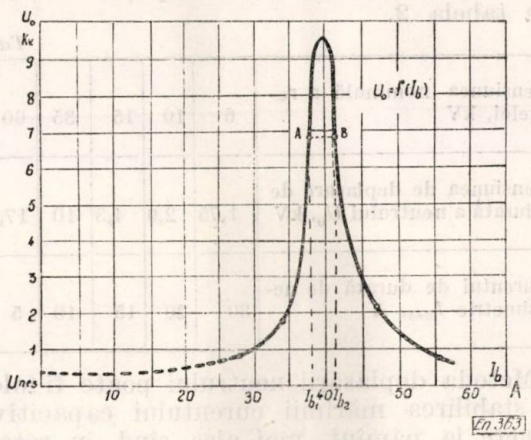


Fig. 11.

În acest scop curba tensiunii de deplasare a neutrului trebuie obținută sub forma unei curbe de rezonanță completă (fig. 11).

Se intersectează această curbă cu o dreaptă paralelă cu axa absciselor în punctele de ordonată $U_{omax}/\sqrt{2}$ cărora le corespund pe abscisă curenții I_{b1} și I_{b2} ale căror valori se introduc în relația (41).

Pentru aceasta avem din relația (31) :

$$U_0 = \frac{U_{nes}}{\sqrt{\left(\frac{I_{Ca}}{I_C}\right)^2 + \left(\frac{I_C - I_b}{I_C}\right)^2}} = \frac{U_{nes} \cdot I_C}{\sqrt{I_{Ca}^2 + (I_C - I_b)^2}} \qquad (38)$$

de unde :

$$I_{b1} = I_C - \sqrt{I_C^2 \left(\frac{\sqrt{2}\ U_{nes}}{U_{omax}}\right)^2 - I_{Ca}^2} \qquad (39)$$

și

$$I_{b2} = I_C + \sqrt{I_C^2 \left(\frac{\sqrt{2}\ U_{nes}}{U_{omax}}\right)^2 - I_{Ca}^2} \qquad (40)$$

La rezonanță cînd $v=0$ din relația (31) avem :

$$U_{omax} = U_{nes} \frac{I_C}{I_{Ca}}$$

Ducînd valoarea lui U_{omax} în relația (39) și (40) obținem :

$$I_{b1} = I_C - I_{Ca}\,; \quad I_{b2} = I_C + I_{Ca}$$

de unde :

$$I_{Ca} = \frac{I_{b2} - I_{b1}}{2}. \qquad (41)$$

Pe timpul măsurării tensiunii de deplasare trebuie controlată permanent starea izolației, iar cînd tensiunea de nesimetrie a rețelei este prea mare pe măsura apropierii de rezonanță trebuie ca măsurătorile să se execute cu precauție.

Separatoarele bobinelor de stingere nu pot fi deschise dacă tensiunea de deplasare a neutrului depășește 50% din tensiunea nominală de fază a rețelei. În această situație curentul de nesimetrie I_{nes}, care circulă în circuitul oscilant serie format și care poate fi măsurat cu ajutorul transformatorului de curent al bobinei de stingere nu trebuie să depășească valorile din tabela 2.

Tabela 2

Tensiunea nominală a rețelei, kV	6	10	15	35	60	110
Tensiunea de deplasare de durată a neutrului U_0, kV	1,75	2,9	4,3	10	17,5	32
Curentul de durată de nesimetrie I_{nes}, A	30	20	15	10	5	3

Metoda deplasării neutrului poate fi folosită la stabilirea mărimii curentului capacitiv de punere la pămînt, mai ales cînd în rețea se află montate cel puțin două bobine de stingere.

Combinată cu metoda punerii metalice la pămînt a uneia din faze poate fi folosită cu succes, chiar cînd în rețea se află montată o singură bobină de stingere.

Pe baza curbei tensiunii de deplasare a neutrului se stabilește mărimea curentului capacitiv pentru tronsoanele de linie sau liniile a căror separare în exploatare se întîmplă rar, separarea lor nu necesită conectarea bobinei de stingere avînd un curent capacitiv mai mic decît jumătatea curentului celui mai mic plot al bobinei de stingere sau curentul lor capacitiv este sub valoarea acestuia.

Metoda punerii metalice la pămînt a uneia din faze se aplică configurațiilor rețelei celei mai probabile în exploatare.

Dacă prin aplicarea ultimei metode la aceste configurații ale rețelei se reușește să se comute bobina de stingere pe toate ploturile sale, astfel ca să se măsoare și curentul de compensare pe aceste ploturi, atunci combinarea acestor două metode pentru măsurătorile în rețelele cu neutrul compensat prin bobină de stingere se recomandă și se preferă.

ANEXA 1

CONSTRUIREA DIAGRAMEI GRADULUI DE NESIMETRIE PENTRU CAZUL GENERAL AL DISIMETRIEI CAPACITĂȚILOR CONDUCTORILOR FAȚĂ DE PĂMÎNT ÎNTR-O REȚEA CU NEUTRUL IZOLAT

Gradul de nesimetrie este o mărime vectorială a cărei reprezentare grafică este convenabil să se facă într-un sistem de coordonate oblice (fig. 12).

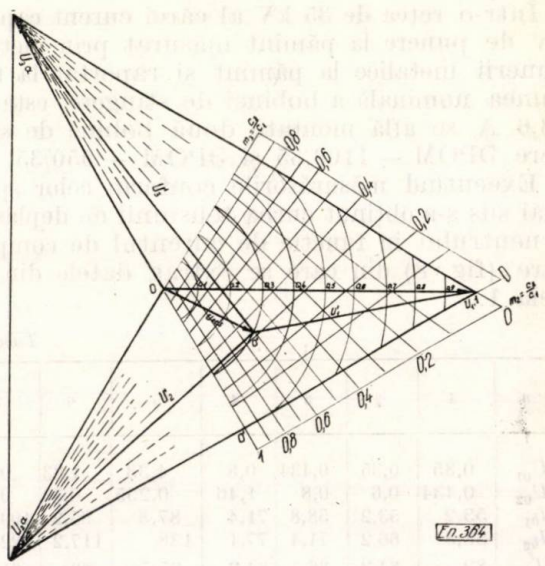


Fig. 12 — Diagrama gradului de nesimetrie pentru cazul general al disimetriei capacităților conductorilor față de pămînt într-o rețea cu neutrul izolat.

La construirea diagramei gradului de nesimetrie se pleacă de la faptul știut că într-o rețea trifazată ai cărei conductori au față de pămînt capacitățile C_1, C_2, și C_3 asupra acestora se aplică tensiunile U_1', U_2' și U_3' (fig. 13).

Pe baza acestui fapt jumătățile laturilor triunghiului tensiunilor de linie U_{12} și U_{13} alăturate tensiunii de fază a fazei 1 se pot împărți în rapoartele :

$$\frac{U_1'}{U_2'} = \frac{C_2}{C_1} = m_2 \text{ și } \frac{U_1'}{U_3'} = \frac{C_3}{C_1} = m_3, \qquad (42)$$

în care U_1', U_2' și U_3' reprezintă porțiunile laturilor U_{12} și U_{13} ale triunghiului tensiunilor de linie, măsurate respectiv din vîrfurile vectorilor tensiunilor de fază U_1, U_2 și U_3 (fig. 12).

Presupunînd deconectată capacitatea C_3 vom avea :

$$U_1' + U_2' = U_{12} \qquad (43)$$

care combinată cu prima din relațiile (42) dă :

$$U_1' = \frac{U_{12} m_2}{1 + m_2}. \qquad (44)$$

Dînd pe rînd lui m_2 valorile 0 ; 0,1 ; 0,2 ; ... 1 obținem punctele de împărțire ale laturii U_{12} plecînd din vîrful vectorului tensiunii U_1.

Unim aceste puncte cu vîrful vectorului tensiunii U_3.

Apoi presupunem deconectată capacitatea C_2. Vom avea :

$$U_1' + U_3' = U_{13} \qquad (45)$$

care combinată cu a doua din relaţiile (42) dă:

$$U_1' = \frac{U_{13}\, m_3}{1 + m_3}. \qquad (46)$$

Dînd pe rînd lui m_3 valorile 0; 0,1; 0,2; ... 1 obţinem punctele de împărţire ale laturii U_{13} plecînd din vîrful vectorului tensiunii U_1.

Unim aceste puncte cu vîrful vectorului tensiunii U_2.

Punctele de intersecţie ale dreptelor duse din vîrful tensiunilor U_2 şi U_3 reprezintă extremele vectorului gradului de nesimetrie u_{nes}, care la scara tensiunilor de fază, reprezintă, dacă se neglijează influenţa coeficientului de amortizare d, chiar tensiunea de nesimetrie $\overline{U}_{nes}$, al cărui vector indică poziţia neutrului în triunghiul tensiunilor de linie.

Din diagrama gradului de nesimetrie (fig. 12) se observă că la deconectări monofazice gradul de nesimetrie creşte de la 0 la $-0{,}5$, iar tensiunea de nesimetrie creşte de la 0 la $-0{,}5\ U_f$.

Tensiunea fazei a cărei capacitate se micşorează creşte de la U_f la 1,5 U_f.

De exemplu, la micşorarea pînă la zero a capacităţii fazei 3 tensiunea acestei faze creşte de la $\overline{U}_3$ la:

$$\overline{U}_3' = \overline{U}_3 - \overline{U}_{nes} = U_f\,(1 - \overline{u}_{nes}) \qquad (47)$$

La limită ($m_3 = 0$, adică conductorul fazei 3 este deconectat sau se conectează numai conductorii fazelor 1 şi 2) tensiunea fazei 3 faţă de pămînt va fi 1,5 U_f, devenind pe diagramă O'a (fig. 12).

Tensiunea faţă de pămînt a celorlalte două faze se micşorează în mod egal la valoarea:

$$\left|\overline{U}_1'\right| = \left|\overline{U}_2'\right| = U_f \sqrt{1 - u_{nes} + u_{nes}^2}, \qquad (48)$$

iar la limită ($m_3 = 0$) devine:

$$\left|\overline{U}_1'\right| = \left|\overline{U}_2'\right| = \frac{\sqrt{3}}{2}\ U_f = 0{,}865\ U_f. \qquad (49)$$

Pe diagramă aceste tensiuni devin O'1 şi O' a^2.

Punctul O' (fig. 12) se află la intersecţia dreptei corespunzătoare gradaţiei 1 de pe scara lui m_2 cu dreapta corespunzătoare gradaţiei O de pe scara lui m_3. El indică noua poziţie a punctului neutru.

Pentru valori intermediare ale lui m_3 poziţia punctului O' se află pe dreapta OO' la intersecţia aceleiaşi drepte corespunzătoare gradaţiei 1 de pe scara lui m_2 cu dreapta corespunzătoare valorii lui m_3 de pe scara sa.

La deconectări bifazice (conectări monofazice) gradul de nesimetrie creşte de la 0 la $+1$, iar tensiunea de nesimetrie de la 0 la U_f.

Tensiunea faţă de pămînt a fazelor a căror capacitate se micşorează creşte de la U_f la 1,73 U_f conform relaţiei:

$$\left|\overline{U}_2'\right| = \left|\overline{U}_3'\right| = U_f \sqrt{1 + u_{nes} + u_{nes}^2}, \qquad (50)$$

iar tensiunea faţă de pămînt a fazei a cărei capacitate rămîne neschimbată scade de la U_f la 0.

De exemplu, la micşorarea, egală pînă la 0, a capacităţilor C_2 şi C_3 vectorul gradului de nesimetrie se deplasează de-a lungul vectorului tensiunii $\overline{U}_1$, luînd valori între 0 şi + 1. Aceste valori rezultă din intersecţia dreptelor duse din aceleaşi gradaţii de pe scara lui m_2 şi m_3. La limită ($m_2 = m_3 = 0$) se ajunge în punctul 1, tensiunea fazei 2 devenind $\overline{U}_{12}$, iar tensiunea fazei 3 devine $\overline{U}_{13}$, adică egale cu tensiunea de linie. Tensiunea fazei 1 devine zero.

Pe diagramă (fig. 12) este dată construcţia deplasării neutrului pentru cazul general al disimetriilor bifazate, $m_2 = m_3$ (punctul O''). Se observă că acest punct se deplasează pe un cerc de aceeaşi rază pentru combinaţii ale valorilor lui m_2 şi m_3 cuprinse între 1 şi 0,3.

Din cele de mai sus se observă că în reţelele cu neutrul izolat deconectările sau conectările conductorilor fazelor conduc la modificarea tensiunilor fazelor faţă de pămînt ca urmare a apariţiei tensiunii de nesimetrie pe neutru.

În exploatare acest lucru se observă la voltmetrele pentru controlul izolaţiei, fiind considerate uneori ca o punere la pămînt imperfectă.

Reamintim că în cazul unei puneri la pămînt imperfecte pe o fază, tensiunea acestei faze scade, iar a celorlalte două creşte în general, în mod inegal.

ANEXA II

DETERMINAREA ERORII DE METODĂ LA MĂSURAREA CURENTULUI CAPACITIV PRIN METODA APLICĂRII UNEI TENSIUNI STRĂINE PE NEUTRU

În cazul general al aplicării pe neutru a unei tensiuni străine $\overline{U}_0'$, la locul de montare al transformatorului de curent TI_2 unde se măsoară curentul de punere la pămînt (fig. 6) relaţia dintre curenţi este:

$$\frac{\overline{U}_0'}{\overline{Z}} + (\overline{U}_1 - \overline{U}_0')\left(\mathrm{j}\omega C_1 + \frac{1}{r_1}\right) + (\overline{U}_2 - \overline{U}_0')\left(\mathrm{j}\omega C_2 + \frac{1}{r_2}\right) +$$

$$+ (\overline{U}_3 - \overline{U}_0')\left(\mathrm{j}\omega C_3 + \frac{1}{r_3}\right) - \overline{U}_0'\left(\frac{1}{\mathrm{j}\omega L_b} + \frac{1}{r_0}\right) = 0. \qquad (51)$$

Dezvoltînd această relaţie obţinem expresia curentului de punere la pămînt:

$$\frac{\overline{U}_0'}{\overline{Z}} = -\left(\frac{\overline{U}_1}{r_1} + \frac{\overline{U}_2}{r_2} + \frac{\overline{U}_3}{r_3}\right) - \mathrm{j}\,(\overline{U}_1\,\omega\,C_1 + \overline{U}_2\,\omega\,C_2 +$$

$$+ \overline{U}_3\,\omega\,C_3) + \overline{U}_0'\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}\right) + \mathrm{j}\,\overline{U}_0'\,\omega\,(C_1 +$$

$$+ C_2 + C_3) + \frac{\overline{U}_0'}{r_0} - \mathrm{j}\,\frac{\overline{U}_0'}{\omega L_b}. \qquad (52)$$

În această din urmă relaţie, în termenul al doilea, prima şi a doua paranteză reprezintă componentele activă şi reactivă ale curentului de nesimetrie, a treia şi a patra paranteză reprezintă componentele activă şi reactivă ale curentului capacitiv, iar ultimii doi termeni reprezintă componentele activă şi reactivă ale curentului de compensare.

Pentru a determina direcţia şi sensul componentelor curentului de nesimetrie, care după cum se ştie sînt create de tensiunea de nesimetrie, vom considera cele două cazuri particulare ale nesimetriei capacităţilor conductorilor faţă de pămînt avută în vedere la deducerea relaţiilor (9) şi (10) într-o reţea cu tensiunile de fază simetrice şi cu conductanţele active faţă de pămînt egale.

a) *NESIMETRII MONOFAZATE*

Din relaţiile (5) şi (9) avem:

$$\overline{U}_{nes} = U_f\,\frac{m-1}{m+2}\,\overline{1}\,\frac{1}{1-\mathrm{j}d} = U_{nes}(-1 - \mathrm{j}d) \qquad (53)$$

în care:

$\overline{1}$ este vectorul unitate al tensiunii fazei 1, care este luat drept axă de referinţă;

$-1-\mathrm{j}d$ – vectorul unitate al tensiunii de nesimetrie $\overline{U}_{nes}$.

Din relaţia (53) rezultă că tensiunea de nesimetrie $\overline{U}_{nes}$ este decalată înaintea tensiunii $\overline{U}_1$ cu mai mult de 180°.

Curentul de nesimetrie va fi:

$$\overline{I}_{nes} = \overline{U}_{nes}\left[\frac{3}{\mathrm{r}} + \mathrm{j}\ (C_1 + C_2 + C_3)\right] = -\mathrm{j}\,U_{nes}\left[\omega\,(C_1 +\right.$$

$$\left. + C_2 + C_3) + \frac{3d}{\eta}\right] = -\,\mathrm{j}I_{nes} = -\,\overline{I}_{nes}. \qquad (54)$$

Adică curentul de nesimetrie care circulă în schema echivalentă din fig. 6, *b* este decalat cu 90° în urma tensiunii $\overline{U}_1$ şi cu mai puţin de 90° decalat înaintea tensiunii de nesimetrie.

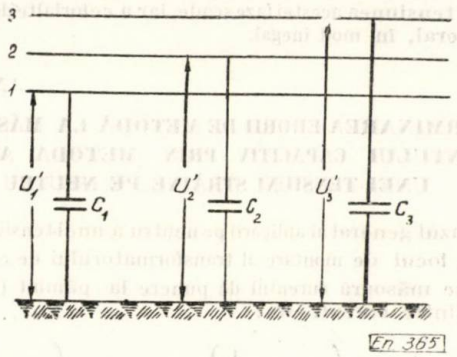


Fig. 13

Cu aceste precizări, pentru cazul particular studiat, relaţia (52) care dă curentul de punere la pământ devine :

$$\frac{\overline{U}_0'}{\overline{Z}} = \mathrm{j}\, I_{nes} + \frac{3\overline{U}_0'}{r} + \mathrm{j}\,\overline{U}_0'\,\omega\,(C_1 + C_2 + C_3) + \frac{\overline{U}_0'}{r_0} - \mathrm{j}\,\frac{\overline{U}_0'}{\omega L_b} =$$

$$= -\overline{I}_{nes} + \overline{I}_C' + \overline{I}_b' = \overline{U}_0'\left(\frac{3}{r} + \frac{1}{r_0}\right) + \mathrm{j}\left[\overline{U}_0'\,\omega\left(C_1 + C_2 + C_3 - \frac{1}{\omega^2 L_b}\right) + I_{nes}\right] \qquad (55)$$

unde :

$\overline{I}_C'$ este curentul capacitiv al reţelei produs de tensiunea străină U_0' aplicată neutrului ;

$\overline{I}_b'$ — curentul de compensare dat de bobina de stingere cînd acesteia i se aplică tensiunea $\overline{U}_0'$.

În fig. 14 se dă diagrama componentelor curentului de punere la pământ în cazul nesimetriilor monofazate studiate pentru cazul aplicării pe neutru a unei tensiuni străine $\overline{U}_0'$ decalată cu 150° înaintea tensiunii $\overline{U}_1$ (fig. 14, *a*) şi pentru cazul cînd $\overline{U}_0'$ este în opoziţie de fază cu tensiunea $\overline{U}_1$ (fig. 14, *b*).

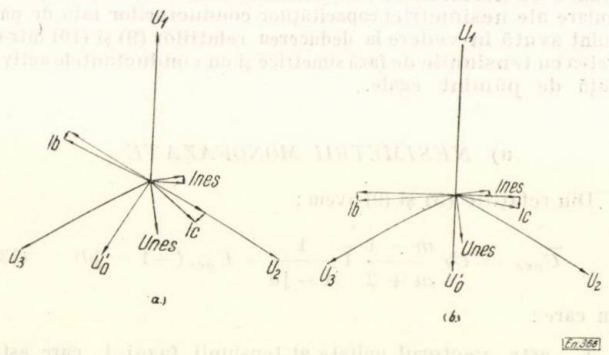


Fig. 14. Diagrama componentelor curentului de punere la pământ într-o reţea compensată prin bobină de stingere în cazul nesimetriei monofazate ($C_1 < C_2 = C_3$) cînd neutrului i se aplică o tensiune străină decalată faţă de tensiunea fazei 1 cu 150° înainte (*a*) sau în opoziţie de fază (*b*).

b) *NESIMETRII BIFAZATE*

Din relaţiile (5) şi (10) avem :

$$\overline{U}_{nes} = U_f\,\frac{1-m}{1+2m}\,\overline{1}\,\frac{1}{1-\mathrm{j}\,d} = U_{nes}\,(1+\mathrm{j}d) \qquad (56)$$

în care :

$\overline{1}$ are aceeaşi semnificaţie şi acelaşi rol ca mai înainte ;

$1 + \mathrm{j}d$ — vectorul unitate al tensiunii de nesimetrie.

Se observă din relaţia (56) că tensiunea de nesimetrie este decalată înaintea tensiunii $\overline{U}_1$.

Curentul de nesimetrie va fi :

$$\overline{I}_{nes} = \overline{U}_{nes}\left[\frac{3}{r} + \mathrm{j}\omega(C_1 + C_2 + C_3)\right] =$$

$$= \mathrm{j}\,U_{nes}\left[\omega(C_1 + C_2 + C_3) + \frac{3d}{r}\right] = \mathrm{j}\,I_{nes} = \overline{I}_{nes}. \qquad (57)$$

Adică, curentul de nesimetrie care circulă în schema echivalentă (fig. 6, *b*) este decalat înaintea tensiunii $\overline{U}_1$ cu 90° şi cu mai puţin de 90° decalat înainte faţă de tensiunea de nesimetrie $\overline{U}_{nes}$.

Faţă de tensiunea de nesimetrie $\overline{U}_{nes}$, acest curent reprezintă curentul total de nesimetrie cu componentele sale, activă şi reactivă.

Deci, pentru cazul disimetriilor bifazate studiate, relaţia (52) care dă curentul de punere la pământ devine :

$$\frac{\overline{U}_0'}{\overline{Z}} = = \mathrm{j}\,I_{nes} + \frac{3\overline{U}_0'}{r} + \mathrm{j}U_0'\,\omega\,(C_1 + C_2 + C_3) +$$

$$+ \frac{\overline{U}_0'}{r_0} - \mathrm{j}\,\frac{\overline{U}_0'}{\omega L_b} = -I_{nes} + I_C' + I_b' = \overline{U}_0'\left(\frac{3}{r} + \frac{1}{r_0}\right) +$$

$$+ \mathrm{j}\left[\overline{U}_0'\omega\left(C_1 + C_2 + C_3 - \frac{1}{\omega^2 L_b}\right) - I_{nes}\right], \qquad (58)$$

unde I_C' şi I_b' au aceleaşi semnificaţii ca mai înainte.

În fig. 15 se dă diagrama componentelor curentului de punere la pământ în cazul disimetriilor bifazate studiate pentru cazul aplicării pe neutru a unei tensiuni străine $\overline{U}_0'$

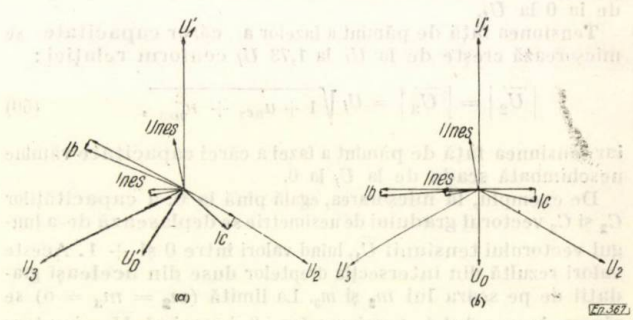


Fig. 15. Diagrama componentelor curentului de punere la pământ într-o reţea compensată prin bobină de stingere în cazul nesimetriei bifazate ($C_1 > C_2 = C_3$) cînd neutrului i se aplică o tensiune străină decalată faţă de tensiunea fazei 1 cu 150° înainte (*a*) sau în opoziţie de fază (*b*).

decalată cu 150° înaintea tensiunii $\overline{U}_1$ (fig. 15, *a*) şi pentru cazul cînd $\overline{U}_0'$ este în opoziţie de fază cu tensiunea $\overline{U}_1$ (fig. 15, *b*).

Din relația (55) se vede că în cazurile simetriilor monofazate studiate, curentul capacitiv măsurat la transformatorul de curent TI_3 (fig. 6, a) este:

$$\overline{I}_{C\,măs} = \mathrm{j}I_{nes} + \frac{3\overline{U}_0'}{r} + \mathrm{j}\overline{U}_0'\omega\,(C_1 + C_2 + C_3) =$$

$$= -\overline{I}_{nes} + \overline{I}_C' = \frac{3\overline{U}_0'}{r} + \mathrm{j}\,[\overline{U}_0'\,\omega\,(C_1 + C_2 + C_3) + I_{nes}]. \tag{59}$$

Dacă se neglijează componenta activă a curentului capacitiv $\overline{I}_C'$ și dacă se presupune că tensiunea străină $\overline{U}_0'$ aplicată neutrului este în opoziție de fază cu tensiunea $\overline{U}_1$ din relația (59), căpătăm valoarea curentului capacitiv măsurat:

$$I_{C\,măs} = I_C' - I_{nes}. \tag{60}$$

În cazul nesimetriilor bifazate studiate curentul capacitiv măsurat la transformatorul de curent TI_3 (fig. 6, *a*) este conform relației (58):

$$\overline{I}_{C\,măs} = -\mathrm{j}I_{nes} + \frac{3\overline{U}_0'}{r} + \mathrm{j}\overline{U}_0'\,\omega(C_1 + C_2 + C_3) =$$

$$= -\overline{I}_{nes} + I_C' = \frac{3\overline{U}_0'}{r} + \mathrm{j}\,[\overline{U}_0'\omega(C_1 + C_2 + C_3) - I_{nes}]. \tag{61}$$

Atunci cînd se neglijează componenta activă a curentului capacitiv $\overline{I}_C'$, iar tensiunea străină $\overline{U}_0'$ aplicată neutrului este în opoziție de fază cu tensiunea $\overline{U}_1$ din relația (61) obținem valoarea curentului capacitiv măsurat:

$$I_{C\,măs} = I_C' + I_{nes}. \tag{62}$$

Bibliografie

[1] Lihaciov, F. A. *Alegerea, instalarea și exploatarea bobinelor de stingere.* Moscova — Leningrad, 1955.

[2] Lihaciov, F. A. *Măsurarea curenților capacitivi și a curenților de punere la pămînt în rețelele cu punctele neutre izolate și cu bobine de stingere a arcului.* În: Electriceskie stanție, nr. 3, 1955.

[3] Lihaciov, F. A. *Avarii la măsurarea curenților capacitivi în rețelele electrice.* În: Electriceskie stanție nr. 3, 1961.

[4] Lihaciov, F. A. *Restabilirea tensiunii pe faza avariată după stingerea arcului de punere la pămînt.* În: Electriceskie stanție, nr. 8, 1960.

[5] Willheim, R. și Waters, M. *Punerea la pămînt a rețelelor de înaltă tensiune* (traducere din limba engleză în limba rusă). G.E.I., Moscova-Leningrad 1959.

[6] Pundt, H. *Prelucrarea curbelor de rezonanță ridicate în sistemul interconectat de 110 kV din est* (traducere). În: Deutsche Elektrotechnik **12**, nr. 7 (iulie), 1958.

DISCUȚII

Unele aspecte ale calculului eficacității compensării puterii reactive cu condensatoare statice

*MIRCEA DORAN** — Brașov

Compensarea artificială a puterii reactive s-a impus în ultimul timp ca o problemă de primă importanță în practica muncii de exploatare a sistemelor electroenergetice și a devenit o metodă răspîndită de îmbunătățire a factorului de putere, mai ales prin montarea condensatoarelor statice la consumator.

Întocmind un calcul de eficacitate economică a compensării după metodica expusă în [1] am sesizat unele aspecte ale acestei probleme, pe care ne propunem să le punem în discuție în cele ce urmează.

Numărul de ani în care se face amortizarea instalației de compensare este determinat pentru un sistem dat de mărimea echivalentului energetic *Ke* sau, cu alte cuvinte, de circulația de putere reactivă prin ramurile sistemului, estimată pentru anul la care se referă calculul pe baza situației din anul anterior [1].

Articolul de față va încerca să arate că cel puțin pentru cazul consumatorilor alimentați de la o singură sursă, caz de altfel foarte răspîndit, ar fi tot atît de corect, în schimb mai avantajos, dacă în calculul echivalentului energetic s-ar proceda întrucîtva deosebit față de modul arătat mai sus. Deosebirea constă în a stabili circulația de putere conform [1], după care se va adăuga pentru fiecare ramură puterea care ar fi circulat prin ea, dacă în sistemul respectiv ar fi fost necesară numai atîta putere reactivă cît au instalațiile de compensare deja existente la momentul considerat.

Cu alte cuvinte, sîntem de părere pe baza justificărilor ce le vom da mai jos, ca la baza calculului de eficacitate să stea nu factorul de putere sub care este primită și distribuită energia electrică în rețeaua consumatorului pînă la barele de joasă tensiune ale posturilor de transformare unde se face compensarea, ci factorul de putere sub care se consumă această energie. Este evident că pentru acei consumatori care încă nu au luat nicio măsură de compensare artificială, cele două situații sînt identice. La stabilirea puterii instalației de compensare pe care își propune s-o realizeze pe baza calculului astfel întocmit, consumatorul va trebui să țină seama de puterea instalațiilor de compensare

* *M. Doran* este inginer energetic la Uzinele de tractoare-Brașov

deja existente așa cum va fi arătat în tratarea propriu-zisă a problemei.

Considerăm relația de determinare a numărului de ani în care se amortizează instalația de compensare cu puterea ΔQ ;

$$n = \frac{C}{\beta\gamma(\Delta p_{max} - p_c) + \alpha T(\Delta p_{med} - p_c)} \quad (1)$$

în care notațiile au semnificația din lucrarea [1]. Urmînd indicațiile aceleiași lucrări, avem :

$$\Delta p_{med} = K_e \cdot \Delta Q - A \cdot \Delta Q^2 \quad (2)$$

$$\Delta p_{max} = C_2 \cdot \Delta p_{med} = C_2 (K_e \cdot \Delta Q - A \cdot \Delta Q^2) \quad (3)$$

$$p_c = C_3 \cdot \Delta Q \quad (4)$$

în care C_2 și C_3 sînt constante de proporționalitate care nu depind de ΔQ.

Presupunem în prima aproximație că nici costul unitar al instalației de compensare nu depinde de puterea compensată ΔQ, eroarea introdusă păstrîndu-se în limite relativ reduse în cazul folosirii condensatoarelor statice și mai ales că situațiile comparate mai jos prezintă interes în cazul puterilor compensate care sînt de același ordin de mărime.

Putem deci considera :

$$C = C_1 \cdot \Delta Q \quad (5)$$

unde $C_1 \cong$ constant.

Ținînd seama de (2), (3), (4) și (5), relația (1) devine :

$$n = \frac{C_1}{K_e \cdot C_4 - C_5 - A \cdot C_4 \cdot \Delta Q} \quad (6)$$

unde s-a notat :

$$C_4 = \beta\gamma C_2 + \alpha T \quad (7)$$

$$C_5 = (\beta\gamma + \alpha T) \cdot C_3 \cdot \quad (8)$$

Relația (6) poate fi pusă și sub forma :

$$\Delta Q = \frac{K_e}{A} - \frac{C_5}{A \cdot C_4} - \frac{1}{n} \cdot \frac{C_1}{A\, C_4} \cdot \quad (9)$$

Considerăm în continuare un sistem electroenergetic cu m ramuri și fie P punctul în care se studiază eficacitatea compensării. Vom avea în vedere două stări ale acestui sistem :

a. Starea caracterizată de faptul că nu sînt luate încă măsuri de compensare artificială și în care am notat cu :

Q_P, K_{eP}, ΔQ_P, consumul de putere reactivă, echivalentul energetic și puterea instalației de compensare ce se poate instala, amortizîndu-se în n ani, toate în punctul P.

Q, consumul de putere reactivă în restul sistemului.

b. Starea în care au fost luate anterior unele măsuri de compensare artificială și în care :

Q_{cP}, Q_c reprezintă puterile instalațiilor de compensare, montate în punctul P și respectiv în alte puncte ale sistemului considerat.

Există relația :

$$Q_{cP} < \Delta Q_P \leqslant Q_P \quad (10)$$

K'_{eP} și Q'_P reprezintă echivalentul energetic și puterea instalației de compensare ce mai poate fi montată în punctul P, amortizîndu-se în același număr de ani n.

Prin Q_{Pi}, Q_i, Q_{cPi}, Q_{ci}, notăm cota parte din aceste puteri, care se referă la ramura i a sistemului.

Restul notațiilor ce vor mai fi folosite au semnificația din [1].

Conform [1], avem evident :

$$K_{eP} = \frac{2{,}2}{V^2_{med}} \cdot \sum_{i=1}^{m} R'_i (Q_{Pi} + Q_i)\, \eta_i \quad (11)$$

$$K'_{eP} = \frac{2{,}2}{V^2_{med}} \cdot \sum_{i=1}^{m} R'_i (Q_{Pi} + Q_i - Q_{cPi} - Q_{ci}) \cdot \eta_i \quad (12)$$

$$A = \frac{1{,}1}{V^2_{med}} \sum_{i=1}^{m} R'_i \cdot \eta_i^2 \quad (13)$$

Mărimea A este aceeași în cele două stări considerate, deoarece nu depinde de gradul de compensare ci doar de configurația rețelei [1], [2].

Relația generală (9) se scrie în situația noastră :

$$\Delta Q_P = \frac{K_{eP}}{A} - \frac{C_5}{A\, C_4} - \frac{1}{n} \cdot \frac{C_1}{A\, C_4} \quad (14)$$

$$\Delta Q'_P = \frac{K'_{eP}}{A} - \frac{C_5}{A\, C_4} - \frac{1}{n} \cdot \frac{C_1}{A\, C_4} \quad (15)$$

Să efectuăm în continuare diferența dintre puterea instalației de compensare din punctul P ce se amortizează în n ani dacă sistemul se află în starea întîia și puterea finală a instalațiilor de compensare din același punct rezultate în urma calculului de eficacitate, întocmit pentru a doua stare a sistemului și să notăm cu D această diferență. Avem :

$$D = \Delta Q_P - (\Delta Q'_P + Q_{cP}) \quad (16)$$

Dacă ținem seama de expresiile (11), (12), (13), (14) și (15) și de faptul că în cazul studiului compensării în punctul P:

$\eta_i = \frac{Q_{ePi}}{Q_{eP}}$, [1], avem succesiv :

$$D = \frac{K_{eP}}{A} - \frac{K'_{eP}}{A} - Q_{cP} = \frac{\frac{2,2}{V^2_{med}} \cdot \sum_{i=1}^{m} R'_i (Q_{Pi} + Q_i)\,\eta_i}{\frac{1,1}{V^2_{med}} \sum_{i=1}^{m} R'_i \cdot \eta_i^2} -$$

$$- \frac{\frac{2,2}{V^2_{med}} \cdot \sum_{i=1}^{m} R'_i (Q_{Pi} + Q_i - Q_{cPi} - Q_{ci}) \cdot \eta_i}{\frac{1,1}{V^2_{med}} \cdot \sum_{i=1}^{m} R'_i \cdot \eta_i^2} - Q_{cP} =$$

$$= \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^{m} R'_i \cdot (Q_{cPi} + Q_{ci}) \cdot \eta_i}{\sum_{i=1}^{m} R'_i \cdot \eta_i^2} - Q_{cP} =$$

$$= \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^{m} R'_i \cdot (Q_{cPi} + Q_{ci}) \frac{Q_{cPi}}{Q_{cP}}}{\sum_{i=1}^{m} R'_i \cdot \left(\frac{Q_{cPi}}{Q_{cP}}\right)^2} - Q_{cP} =$$

$$= \frac{2\,Q_{cP} \cdot \sum_{i=1}^{m} R'_i (Q^2_{ePi} + Q_{ci} \cdot Q_{cPi})}{\sum_{i=1}^{m} R'_i \cdot Q^2_{ePi}} - Q_{cP} =$$

$$= Q_{cP} + \frac{2\,Q_{cP} \cdot \sum_{i=1}^{m} R'_i \cdot Q_{cPi} \cdot Q_{ci}}{\sum_{i=1}^{m} R'_i \cdot Q^2_{ePi}} \qquad (17)$$

Interpretarea relației finale

Calculul echivalentului energetic, întocmit după metodica expusă în [1], ne conduce la găsirea numărului real de ani în care se va amortiza instalația de compensare la care se referă acest calcul. Acest mod de calcul, deși corect, prezintă după părerea noastră un inconvenient de natură economică, constînd în următoarele :

— Dacă într-un sistem în care nu s-au luat măsuri de compensare artificială, se calculează eficacitatea economică într-un punct al sistemului se găsește puterea ΔQ_P, care poate fi instalată în acel punct și care se va amortiza într-un număr de ani n considerat rentabil. Dacă din anumite cauze, printre care se numără greutatea aprovizionării cu condensatoare statice, consumatorul nu-și poate instala decît $Q_{cP} < \Delta Q_P$, această instalație se va amortiza într-un timp $n_{cP} < n$. Ca urmare a acestei instalări, consumul mediu de putere reactivă în ramurile sistemului, în anul care urmează, va fi în general mai mic (considerînd că puterea reactivă cerută de consumator rămîne constantă). Aceasta ne va conduce la o valoare mai mică a echivalentului energetic, cînd se întocmește un nou calcul de eficacitate. Ca urmare, puterea condensatoarelor ce vor mai putea fi instalate, amortizîndu-se în același număr de ani n, nu va mai fi egală cu diferența care nu a fost compensată în anul precedent ($\Delta Q_P - Q_{cP}$) ci va fi mai mică decît aceasta, cu mărimea D. (Din analiza formei finale a expresiei (17) este evident că totdeauna $D \geqslant 0$.)

— Dacă de pildă în anul în care se întocmește primul calcul se instalează numai jumătate din puterea care s-ar fi putut compensa rentabil $\left(Q_{cP} = \frac{\Delta Q_P}{2}\right)$, în anul care urmează nu mai poate fi compensată în condițiile de eficacitate ale anului precedent nici o putere, deoarece :

$$\Delta Q'_P = \Delta Q_P - Q_{cP} - D \qquad (18)$$

devine :

$$\Delta Q'_P = \Delta Q_P - 2Q_{cP} = 0. \qquad (18')$$

Relația (18) este exactă dacă măsurile de compensare anterioare se referă numai la punctul P. Dacă asemenea măsuri au fost luate și în alte puncte ale sistemului, chiar dacă în punctul P s-a compensat mai puțin de jumătate din cît s-ar fi putut compensa, este posibil să nu mai putem instala alți condensatori, dacă există ramuri ale sistemului care au $Q_{cPi}, Q_{ci} \neq 0$ în așa fel încît relația (18) să fie nulă.

Concluzii

Problema expusă mai sus are mai mult un aspect economic legat în primul rînd de greutatea realizării compensării într-o singură etapă. Dificultățile întîmpinate în această privință pot fi de natură diversă, diferind de la o întreprindere la alta. Considerăm totuși că are un caracter mai general greutatea întîmpinată în aprovizionarea cu condensatoare, din cauza cerințelor actuale prea mari. Sîntem deci de părere că efectuarea compensării într-o etapă sau în mai multe să nu afecteze calculul de eficacitate și de aceea expunem punctul nostru de vedere :

— În cazul compensării artificiale a puterii reactive este esențial ca toată instalația folosită să se amortizeze într-un număr oarecare de ani n considerat rentabil, indiferent dacă realizarea ei se face într-una sau mai multe etape.

Acest considerent ne permite să pornim în calculul echivalentului energetic K_e, nu de la circulația de putere prin ramurile rețelei estimată pentru anul în care se întocmește calculul, ci de la puterea reactivă medie care se presupune că va fi cerută de consumator. Sîntem deci de părere ca la întocmirea unui asemenea calcul să se reducă sistemul la condițiile naturale. Folosind echivalentul astfel calculat, se trasează curba $n = f(\Delta Q)$ în diferite puncte în care se studiază eficacitatea compensării.

Pentru o anumită valoare n_1 a numărului de ani în care vrem să se facă amortizarea instalației de compensare, găsim din curba trasată puterea ΔQ_1 care poate fi instalată. Dacă în punctul respectiv al sistemului, se află deja instalate Q_{c1} condensatoare statice, puterea celor care se mai pot instala, amortizîndu-se tot în n_1 ani, va fi $\Delta Q_1 - Q_{c1}$. Această ultimă putere poate fi citită direct, dacă se face translația axelor de coordonate cu Q_{c1} (fig. 1).

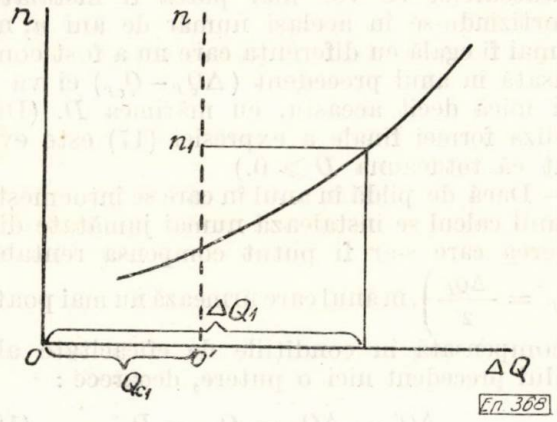


Fig. 1

Observație : Eroarea introdusă prin aproximația din relația (5) se elimină la calculul curbei $n = f(\Delta Q)$ unde, drept cost al instalațiilor de compensare se va lua suma dintre costul real al instalației existente și cel al instalației care se urmărește să se facă (și care are puterea $\Delta Q - Q_{ci}$).

Bibliografie

[1] MEEIE. *Instrucțiunea 58—55 pentru determinarea eficacității compensării puterii reactive* E.E.S. 1955—

[2] Mihăileanu, C.: *Observații cu privire la lucrarea tov. ing. Vladimir N. intitulată: „Unele precizări relative la definirea echivalentului energetic al puterii reactive în cazul utilizării condensatoarelor statice".* Energetica, nr. 3, 1961, pag. 110.

Considerații în legătură cu timpul de amortizare* a instalațiilor de baterii de condensatoare statice pentru compensarea puterii reactive în întreprinderile industriale

*NICU VLADIMIR*** — Cîmpina

I. Expresia timpului de recuperare

Înainte de a-și instala o baterie de condensatoare statice, fiecare mare consumator de energie electrică întocmește conform [1] un studiu de rentabilitate al instalației, pe care îl prezintă spre avizare Inspecției energetice. Acest din urmă for acordă aprobarea cuvenită numai după ce constată că timpul de recuperare a investițiilor necesitate de instalația de compensare nu depășește, spre exemplu, 8 ani.

Expresia cu ajutorul căreia se mai calculează încă timpii de recuperare este [1] cu notațiile din [2]:

$$T = \frac{I_c}{\beta\gamma\,(\Delta\pi_v - \pi_c) + \alpha\,(\Delta\pi_{med} - \pi_c)\,\tau} \qquad (1)$$

unde :

β este coeficientul de recuperare a instalațiilor din sectorul energetic ;

γ — prețul mediu al unui kW instalat prin amplificarea centralelor existente ;

$\Delta\pi_v$ — reducerea pierderilor de putere la ora de vîrf cu instalația de compensare ;

π_c — pierderea de putere activă în instalația de compensare (bateria de condensatoare statice) ;

α — prețul de cost al energiei produse a întregului sistem electroenergetic ;

$\Delta\pi_{med}$ — reducerea medie anuală a pierderilor de putere cu instalația de compensare ;

τ — orele de funcționare anuală a instalației de compensare ;

I_c — investiția necesitată de instalația de compensare.

Întrucît în expresia (1) s-a omis [2] cota anuală de amortizare (βI_c) a investițiilor, rezultatele calculului cu această expresie sînt cu totul aproximative.

Rezultă că expresia corectă a timpului de recuperare este :

$$T = \frac{I_c}{\beta\gamma\,(\Delta\pi_v - \pi_c) + \alpha(\Delta\pi_{med} - \pi_c)\,\tau + \beta I_c} \qquad (2)$$

* În titlul articolului s-a folosit denumirea de „timpul de amortizare" pentru denumirea corectă de „timp de recuperare" dat fiind că în ins ruct unile în vigoare 58—55 există această denumire mai veche.

** Vladimir N. este inginer la I.R.E.—Cîmpina.

II. Variația timpului de amortizare cu puterea reactivă compensată

Făcînd înlocuirile :

$$I_c = \psi(Q)_c,$$

$$\Delta\pi_v = 1{,}2\ (k_e Q_c - A Q_c^2)$$

$$\pi_c = \mu Q_c,$$

$$\Delta\pi_{med} = k_e Q_c - A Q_c^2$$

și adoptînd următoarele notații pentru expresiile ce rezultă din ordonarea termenilor

$$1{,}2\ \beta\gamma k_e - \mu\beta\gamma + \alpha k_e \tau - \alpha\mu\tau = \Phi, \qquad (3)$$

$$1{,}2\ \beta\gamma A + \alpha A \tau = \varphi,$$

expresia (2) devine :

$$T = \frac{\psi\ (Q_c)}{\Phi Q_c + \beta\psi(Q_c) - \varphi Q_c^2}. \qquad (4)$$

S-au notat prin :

Q_c — puterea reactivă compensată ;
μ — pierderea specifică de putere în bateria de condensatoare statice ;
k_e, A — constante care, împreună [1], permit calculul reducerii pierderilor de putere în urma compensării.

Admițînd o relație liniară pentru $\psi(Q_c)$ (aproximare verificată destul de bine în practică) de forma :

$$\psi(Q_c) = \xi(Q_s)$$

și simplificînd apoi cu aceasta expresia (4), se obține :

$$T = \frac{1}{\beta + \frac{\Phi}{\xi} - \frac{\varphi}{\xi} Q_c}. \qquad (5)$$

Asupra alurei curbei de variație a lui T oferă indicații derivata de ordinul întîi a acestuia în raport cu Q_c :

$$\frac{\partial T}{\partial Q_c} = \frac{\varphi\xi}{(\Phi + \xi\beta - \varphi Q_c)^2}, \qquad (6)$$

care se observă că este o funcție pozitivă, continuă și crescătoare în limitele de compensare a puterii reactive ce interesează din punct de vedere practic, adică compensarea făcîndu-se de la valoarea nulă și pînă la valoarea maximă a puterii reactive consumate de întreprinderea industrială.

Din (6) rezultă că pentru puterea reactivă de compensare :

$$Q_c = \frac{\Phi + \beta\xi}{\varphi}$$

timpul de amortizare este infinit de mare, însă acest caz nu poate interveni în practică, întrucît corespunde unei puteri reactive ce depășește cu mult valoarea inițială (puterea reactivă medie anuală) din linia de transport de energie.

III. Exemplu numeric

Se dau valorile :

$\beta = 0{,}053$;
$\gamma = 3\ 200$ lei/kW ;
$\mu = 0{,}003$;
$\alpha = 0{,}09$ lei/kWh ;
$\xi = 150$ lei/kVar$_{inst}$;
$\tau = 5\ 000$ h/an.

Corespunzător, ținînd seama și de cuplurile de valori (k_e, A) pentru trei cazuri deosebite, se calculează cu (3) expresiile Φ și φ, iar cu (5) expresia T, ultima fiind apoi ilustrată grafic de figura 1.

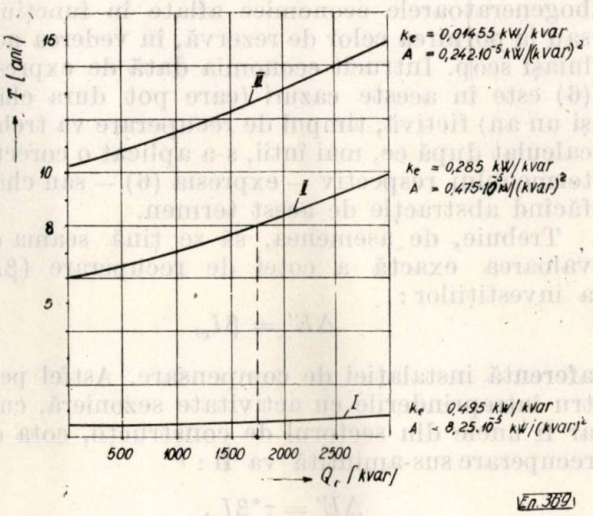


Fig. 1

Pentru claritate se dă mai jos un tabel, care permite urmărirea ușoară a calculului.

Tabela 1

Cazul	I	II	III
K_e [kWα/kVar]	0,495	0,0285	0,01455
A [kW (/kVar)²]	$8{,}25 \cdot 10^{-5}$	$0{,}475 \cdot 10^{-5}$	$0{,}242 \cdot 10^{-5}$
Φ	321,54	16,74	6,735
φ	$539 \cdot 10^{-4}$	$310{,}6 \cdot 10^{-5}$	$158{,}3 \cdot 10^{-5}$
$T = F(Q_c)$	$\frac{1}{2{,}296 - 3{,}6 \cdot 10^{-4}\ Q_c}$	$\frac{1}{0{,}1645 - 2{,}1 \cdot 10^{-5}\ Q_c}$	$\frac{1}{0{,}098 - 1{,}055 \cdot 10^{-5}\ Q_c}$

Din figura 1 rezultă că, la echivalenți energetici foarte mari ai puterii reactive, timpul de recuperare, în limitele practice de compensare, variază neînsemnat (curba I). Cu totul altfel se prezintă situația atunci cînd echivalenții energetici scad (curbele II, III). În aceste cazuri, curba de variație a timpului de recuperare se deplasează aproximativ paralel cu ea însăși, în direcția ordonatelor pozitive.

IV. Interpretări care reies din expresia generală a timpului de recomandări pentru noile instrucțiuni

Expresia (2) conține un termen la numitor care reprezintă economia indirectă generată de instalația de compensare prin neinstalarea în sistemul electroenergetic a unei puteri active suplimentare :

$$\Delta E = \beta\gamma\,(\Delta\pi_v - \pi_c). \qquad (6)$$

Noile instrucțiuni relative la eficacitatea compensării puterii reactive (care se vor elabora) vor trebui să țină seama de faptul că nu întotdeauna economia dată de (6) este reală.

Practica exploatării sistemelor electroenergetice arată că înainte de a se fi instalat puteri suplimentare în centrale pentru acoperirea pierderilor de putere activă datorită circulației de putere reactivă, se procedează la punerea în valoare a rezervelor de putere activă din turbogeneratoarele economice aflate în funcțiune sau la pornirea celor de rezervă, în vederea aceluiași scop. Întrucît economia dată de expresia (6) este în aceste cazuri (care pot dura chiar și un an) fictivă, timpul de recuperare va trebui calculat după ce, mai întîi, s-a aplicat o corecție termenului respectiv — expresia (6) — sau chiar făcînd abstracție de acest termen.

Trebuie, de asemenea, să se țină seama de valoarea exactă a cotei de recuperare (βI) a investițiilor :

$$\Delta E' = \beta I_c,$$

aferentă instalației de compensare. Astfel pentru întreprinderile cu activitate sezonieră, cum ar fi unele din sectorul de construcții, cota de recuperare sus-amintită va fi :

$$\Delta E' = \tau^* \beta I_c,$$

unde $\tau^* = \frac{\tau}{8\,760}$, τ fiind timpul real de funcționare, definit mai înainte.

Noile instrucțiuni vor trebui să stabilească modalitatea de a ține seama de influența compensării asupra echivalentului energetic (k_e) transmis de întreprinderile de electricitate consumatorilor industriali după ce au fost puse în funcțiune instalații de baterii de condensatoare statice pentru compensarea puterii reactive. Influența respectivă va fi evidențiată de reducerea puterii reactive inițiale Q_0 din linia de transport de energie, adică coeficienții k_e vor fi corectați în funcție de noile puteri reactive medii anuale (care au fost denumite „puteri reactive inițiale") :

$$Q'_0 = Q_0 - \Sigma Q_c,$$

în care :

ΣQ_c — suma puterilor reactive compensate de întreprinderile industriale ;

Q_0 — puterea reactivă inițială a liniei (înainte de compensare).

Exemplul numeric tratat anterior arată că unele instalații de compensare, din cauză că se află aproape de centralele electrice, nu îndeplinesc niciodată condiția de recuperare (curba III, fig. 1), norma de 8 ani fiind depășită pentru orice putere reactivă compensată. De asemenea, dacă se ia în considerație curba II (fig. 1), instalarea unei baterii de 2 000 kVar n-ar îndeplini condiția de amortizare, în timp ce, spre exemplu, o baterie de 1 500 kVar ar îndeplini această condiție.

Noile instrucțiuni vor trebui să dea soluții precise pentru compensările de putere reactivă ce privesc întreprinderile industriale afectate de echivalenții energetici scăzuți în punctele de conectare la sistemul electroenergetic, ale căror eventuale instalații de compensare proiectate nu îndeplinesc condiția de amortizare.

V. Alte probleme legate de timpul de recuperare

În prezenta lucrare s-a arătat influența mare pe care o are echivalentul energetic al puterii reactive asupra timpului de recuperare. Cu privire la aceasta se atrage atenția la întocmirea noilor instrucțiuni asupra unei erori grave dintr-un exemplu de calcul al instrucțiunii [1], care constă în luarea în considerație a sensului de circulație al puterilor reactive anuale medii cu un anumit semn algebric (+ sau —), consecință a reducerii schemelor după modelul calculelor de scurtcircuit [3]. Această eroare reiese din tabela 2, „alternativa de calcul I", a instrucțiunii citate. Astfel, plecînd de la schema (partea care interesează) din figura 2, [1] stabilește coeficienții de circulație η_i negativi pentru ramurile 3 și 4, întrucît (în urma reducerii centralei C_2 la barele centralei C_1) puterile reactive din aceste ramuri au sensul invers puterilor din linia L_2 și transformatorul elevator din centrala C_2, acestea din urmă fiind considerate de instrucțiune ca avînd sensul de circulație pozitiv. În rezultat, echivalentul energetic la barele C_1 apare ca o sumă algebrică :

$$k_e = \Sigma(\pm k_{e_i}).$$

De aci rezultă că echivalentul energetic, datorită metodologiei respective, ar putea fi nul,

de o anumită valoare pozitivă sau de o anumită valoare negativă.

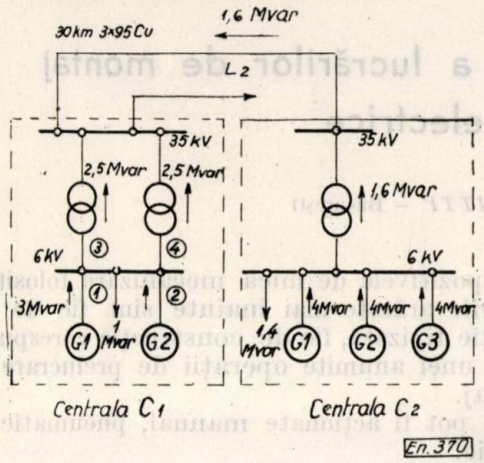


Fig. 2

Pentru ilustrarea celor afirmate, se reproduce mai jos din [1] partea din tabelă care conține eroarea semnalată.

Alternativa I

Tabela 2

Nr. de ordine	Q_i	R_i	$Q_i R_i$	η_i	η_i^2	$Q_i R_i \eta_i$	$R_i \eta_i^2$
3	2,5	0,06	0,15	−0,1422	0,02022	−0,02133	0,00 12132
4	2,5	0,06	0,15	−0,1422	0,02022	−0,02133	0,00 12132
5	6,6			0	0	0	0

— În scopul evitării unei astfel de erori care poate denatura considerabil timpul de recuperare, noile instrucțiuni vor trebui să adopte un sistem de calcul simplificat, care să țină seama de constantele ramurilor paralele din sistemul electroenergetic situate între sursa de energie și întreprinderea industrială. Pentru aceasta se recomandă separarea sistemului în punctele unde circulația de putere reactivă nu este influențată de compensările de la consumator.

Concluzii

Timpul de recuperare fiind un parametru foarte important în aprecierea rentabilității bateriei de condensatoare statice pentru compensarea puterii reactive, este necesară o reconsiderare a întregii metodologii [4] de pînă acum dată de instrucțiunile [1]. Se impune, în interesul exactității și pentru a nu se face risipă de investiții, evaluarea tuturor influențelor care conduc la variații ale timpului de amortizare ce le generează sistemul electroenergetic, astfel încît să se poată stabili corect oportunitatea instalării bateriilor de condensatoare statice în întreprinderile industriale.

Rezumat

Plecînd de la relații cunoscute ale unei instrucțiuni privind eficacitatea compensării puterii reactive, se stabilește dependența timpului de recuperare de puterea reactivă compensată. Un exemplu numeric ilustrează pentru trei cazuri particulare această dependență. Se dau recomandări pentru noile instrucțiuni ce urmează a se întocmi.

Bibliografie.

[1] MEELE: *Instrucțiuni 58—55 pentru determinarea eficacității compensării puterii reactive.*

[2] Ecaterina, Arie: *Considerarea investițiilor din centrale în calculul eficacității compensării puterii reactive.* Revista Energetica nr. 11/1961.

[3] Vladimir, Nicu: *Unele precizări relative la definirea echivalentului energetic al puterii reactive în cazul utilizării condensatoarelor statice.* Revista Energetica nr. 3/1961.

[4] Panaitescu, Gh. și Grăniceanu, M.: *Unele aspecte ale îmbunătățirii factorului de putere în R.P.R.* Revista Energetica nr. 9/1961.

Aspecte privind mica mecanizare a lucrărilor de montaj la centralele termoelectrice

GEORGE GEORGESCU și *DAN FILITTI** — București

Acțiunea de mică mecanizare a lucrărilor de montaj, constînd din măsuri care urmăresc înlocuirea muncii manuale cu munca mecanizată cu ajutorul unor dispozitive simple sau prin perfecționarea uneltelor existente, are avantajul că poate fi introdusă fără investiții mari, de multe ori prin folosirea mijloacelor locale.

Dintre operațiile mai importante în cadrul lucrărilor de montaj de centrale termoelectrice, la executarea cărora se folosesc dispozitivele de mică mecanizare, se amintesc :

— la preasamblarea blocurilor cazanului; economizor, supraîncălzitor, ecrane, operațiile de retezare la lungime a conductelor, teșire și curățare a capetelor, centrare pentru preasamblare, sudură, tratament termic al sudurilor ;

— la asamblarea ecranelor cu tamburul, operații de retezare, teșire și curățare a capetelor, centrare, sudură și tratament termic ;

— la montarea țevilor de alamă în plăcile frontale ale condensatorului, operațiile de retezare la lungime exactă a țevilor în pachet, curățarea exterioară a capetelor de țevi, mandrinarea în plăcile frontale, frezarea capetelor țevilor după mandrinare ;

— la trasarea și montarea conductelor de joasă și medie presiune se folosește o gamă variată de dispozitive pentru următoarele operații : executarea la rece sau la cald a coturilor conductelor, tăierea garniturilor inelare etc. ;

— la centrarea generatorului și a turbinei se folosesc dispozitive pentru operațiile de întindere a corzii, centrarea ramelor de fundație și a cilindrilor inferiori, scoaterea răcitoarelor de gaze ale generatorului ;

— la preasamblarea și montarea conductelor de înaltă presiune de apă și abur se folosesc dispozitive la următoarele operații : tăiere în V a adaosului de centrare, retezare și curățare a capetelor, sudură, tratament termic ;

— la debitarea laminatelor, precum și la operațiile de prelucrare prin așchiere sau la operațiile de deformare plastică a diferitelor piese necesare montajului unităților energetice.

Dispozitivele de mică mecanizare folosite la lucrările arătate mai înainte sînt fie de construcție tipizată, fie de construcție corespunzătoare unei anumite operații de prelucrare sau montaj.

Ele pot fi acționate manual, pneumatic sau electric.

După felul operațiilor pe care le execută, dispozitivele de mică mecanizare folosite în mod obișnuit la montajul centralelor termoelectrice sînt următoarele :

Mașini și dispozitive de retezat

a. *Mașini și dispozitive de retezat prin așchiere*

— mașină de retezat conducte, pentru diametre cuprinse între 32—83 mm ;

— mașină de retezat conducte, pentru diametre pînă la 108 mm ;

— mașină de retezat conducte, pentru diametre cuprinse între 150—325 mm ;

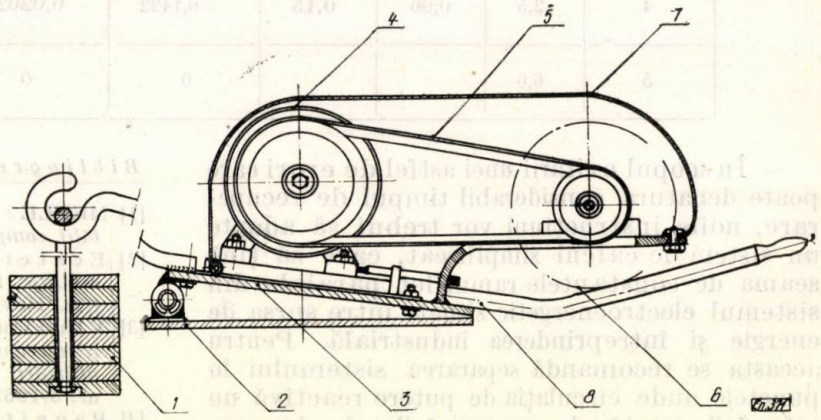


Fig. 1. Dispozitiv de retezat țevile condensatorului :
1 — contragreutatea ; *2* — placă-suport ; *3* — suport electromotor ; *4* — electromotor ; *5* — curea de transmisie ; *6* — freză disc ; *7* — carcasă ; *8* — mîner.

— ferăstrău mecanic cu mișcare rectilinie alternativă, pentru retezat laminate ;

— dispozitiv de retezat țevile condensatorului la lungime exactă, pentru diametre cuprinse între 22—28 mm ;

— foarfecă ghilotină ;

— foarfecă ștanță electrică ;

— foarfecă ștanță manuală.

b. *Mașini de retezat cu flacără cu gaze*

— mașină pentru retezat conducte de joasă și medie presiune, cu diametre cuprinse între 150—300 mm ;

— dispozitive pentru retezat conducte de înaltă presiune, pentru diametrele 219, 277, 325 mm ;

* *G. Georgescu* și *D. Filit'i* sînt ingineri la TCME.

— mașină pentru retezat segmenți după șablon, pentru conducte cu diametre cuprinse între 108—426 mm.

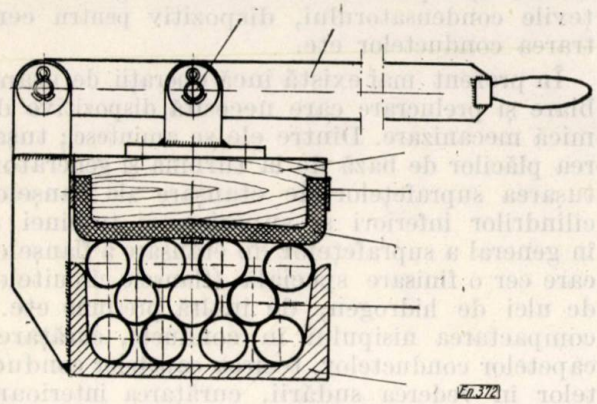
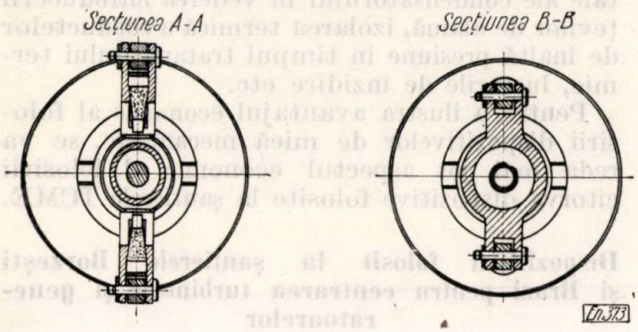


Fig. 2. Dispozitiv pentru fixarea țevilor condensatorului în vederea retragerii capetelor.



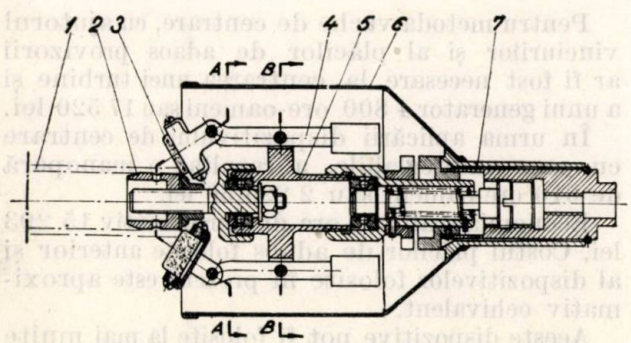


Fig. 3. Dispozitiv de polizat teșiturile la conductele care se sudează cap la cap :

1 — conductă ; *2* — bucșă de ghidaj ; *3* — piatră abrazivă ; *4* — braț ; *5* — corp ; *6* — apărătoare ; *7* — miner.

Mașini și dispozitive de curățat

— mașină de curățat capete de conducte cu diametre cuprinse între 32—42 mm ;

— mașină pentru curățat capete de conducte cu diametre cuprinse între 76—83 mm ;

— mașină pentru curățat capete de conducte cu diametrul de 108 mm ;

— dispozitiv pentru curățat capetele țevilor de condensator ;

— dispozitiv pentru finisarea planurilor de etanșare a flanșelor conductelor cu diametre nominale cuprinse între 40—80 mm ;

— dispozitive pentru finisarea planurilor de etanșare a flanșelor conductelor cu diametre nominale cuprinse între 100—300 mm.

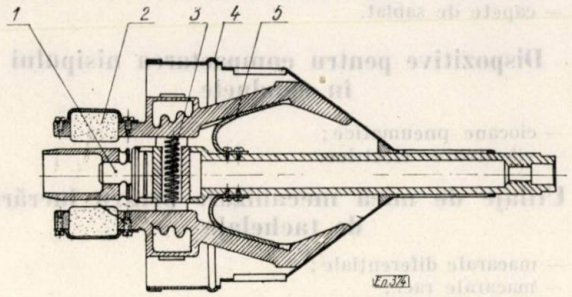


Fig. 4. Dispozitiv de polizat exterior capete de țevi pentru economizor și supraîncălzitor :

1 — ax ; *2* — piatră abrazivă ; *3* — arc elicoidal ; *4* — apărătoare ; *5* — arc lamelar.

Mașini și dispozitive de îndoit la rece conducte și bare

— dispozitiv pentru îndoit conducte cu diametre cuprinse între 1/2 — 1″ ;

— mașină și dispozitiv de îndoit la rece conducte cu diametre mai mici de 3″ ;

— dispozitiv pentru îndoit conducte cu diametre pînă la 5″ și bare cu lățimea maximă de 100 mm ;

— mașini și dispozitive de îndoit bare și profile.

Mașini și dispozitive pentru prelucrări mecanice

— mașini electrice și pneumatice portative pentru găurit ;

— ciocane pneumatice ;

— polizoare electrice cu arc flexibil ;

— mașini electrice și pneumatice pentru mandrinarea conductelor ;

— mașini pentru îndreptat și vălțuit table ;

— dispozitive pentru obținerea unei forme circulare cu capetele conductelor de diametre mici, în vederea sudării.

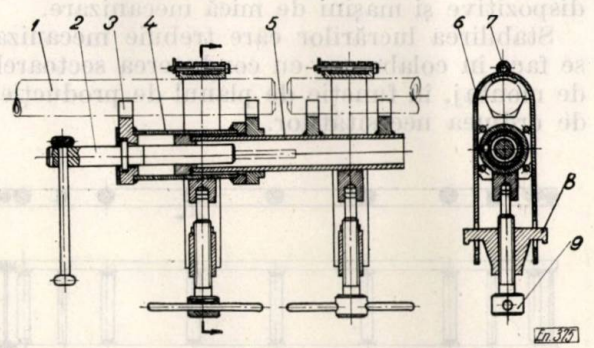


Fig. 5. Dispozitiv de centrare și apropiere a conductelor care se sudează cap la cap :

1 — conductă ; *3* — ax filetat pentru apropierea conductelor ; *3* — suport de centrare a conductelor ; *4* — țeavă de ghidaj ; *5* — țeavă culisantă ; *6* — bridă ; *7* — șarnieră ; *8* — piuliță cu urechi ; *9* — șurub de fixare și centrare a conductelor.

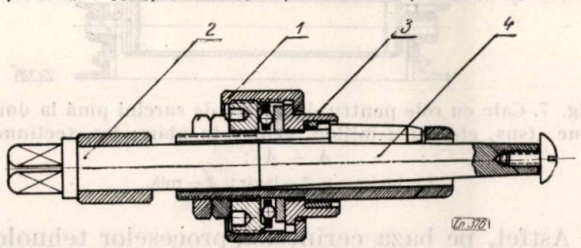


Fig. 6. Dispozitiv de mandrinat țevile condensatorului, cu limitator de avans radial :

1 — carcasa rulmentului axial ; *2* — bucșă limitatoare a avansului radial ; *3* — bucșă de limitare a deplasării capătului de țeavă în afara plăcii frontale ; *4* — axul mandrinei.

Instalații de sablat

— instalația transportabilă de sablat;
— capete de sablat.

Dispozitive pentru compactarea nisipului în conducte

— ciocane pneumatice;
— vibratoare electrice.

Utilaje de mică mecanizare pentru lucrări de tachelaje

— macarale diferențiale;
— macarale raci;
— vinciuri hidraulice;
— scripeți;
— palane;
— trolii electrice;
— trolii manuale.

Cea mai mare parte a mașinilor și dispozitivelor indicate anterior sînt folosite la șantierele de montaj de centrale termoelectrice, ceea ce indică existența unei acțiuni intense de mică mecanizare la aceste șantiere.

Unele mașini și dispozitive tipizate sînt procurate din exterior, iar altele sînt realizate fie pe șantierele de montaj, cu colaborarea muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor, fie de către Grupul de șantiere montaje centrale electrice din Trustul de construcții și montaje energetice (TCME) care le proiectează și le execută.

Cabinetele tehnice ale șantierelor sprijină acțiunea de mică mecanizare, stabilind lucrările la care urmează să se aplice dispozitivele și acordă asistență tehnică celor care realizează dispozitive și mașini de mică mecanizare.

Stabilirea lucrărilor care trebuie mecanizate se face în colaborare cu conducerea sectoarelor de montaj, în funcție de planul de producție și de ordinea necesităților.

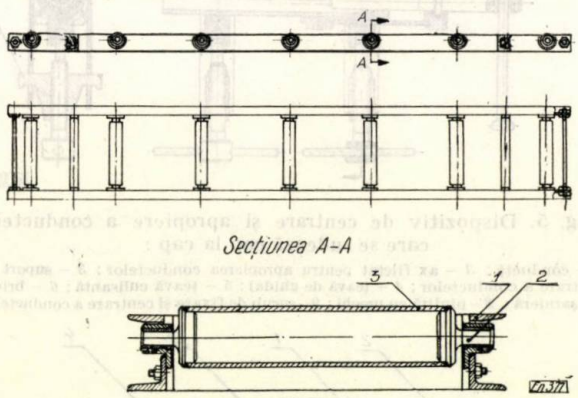


Fig. 7. Calc cu role pentru deplasare de sarcini pînă la două tone (sus, elevație; mijloc, vedere în plan; jos, secțiunea $A - A$):
1 — lonjeron; *2* — lagăr; *3* — rolă.

Astfel, pe baza cerințelor proceselor tehnologice, s-au proiectat și realizat în cadrul TCME următoarele dispozitive de mică mecanizare: dispozitiv de tăiat garnituri inelare, instalație transportabilă de sablat, cale cu role, dispozitiv de polizat exterior capetele țevilor condensatorului, dispozitiv de retezat la lungime exactă țevile condensatorului, dispozitiv pentru centrarea conductelor etc.

În prezent mai există încă operații de asamblare și prelucrare care necesită dispozitive de mică mecanizare. Dintre ele se amintesc; tușarea plăcilor de bază de la turbină și generator, tușarea suprafețelor de etanșare ale flanșelor cilindrilor inferiori și superiori ai turbinei și în general a suprafețelor de etanșare a flanșelor care cer o finisare specială (flanșele circuitelor de ulei de hidrogen, de înaltă presiune etc.), compactarea nisipului în conducte, curățarea capetelor conductelor, teșirea capetelor conductelor în vederea sudării, curățarea interioară a conductelor, verificarea la presiune hidraulică a vanelor, curățirea găurilor din plăcile frontale ale condensatorului în vederea introducerii țevilor de alamă, izolarea termică a conductelor de înaltă presiune în timpul tratamentului termic, lucrările de înzidire etc.

Pentru a ilustra avantajul economic al folosirii dispozitivelor de mică mecanizare, se va reda mai jos aspectul economic al folosirii cîtorva dispozitive folosite la șantierele TCME.

Dispozitivul folosit la șantierele Borzești și Brazi pentru centrarea turbinelor și generatoarelor

Pentru metoda veche de centrare, cu ajutorul vinciurilor și al plăcilor de adaos provizorii ar fi fost necesare la centrarea unei turbine și a unui generator 4 800 ore-oameni sau 17 520 lei.

În urma aplicării dispozitivului de centrare cu pene autoreglabile, a rezultat o manoperă de 610 ore-oameni sau 2 226,50 lei.

Economia realizată era de aproximativ 15 293 lei. Costul plăcilor de adaos folosite anterior și al dispozitivelor folosite în prezent este aproximativ echivalent.

Aceste dispozitive pot fi folosite la mai multe turbogeneratoare, prețul de cost pe turbogenerator scăzînd simțitor.

Dispozitivul folosit la șantierele Brazi și Borzești pentru retezarea la lungimea exactă a țevilor de la condensator

La retezarea manuală a țevilor cu ferăstrăul, erau necesare 560 ore-oameni sau 1 736 lei. În urma aplicării dispozitivului, numărul de ore necesare scade la 57 ore-oameni sau 177 lei, rezultînd o economie de 1 559 lei pentru fiecare condensator montat.

Dispozitivul pentru teșirea țevilor de economizor și supraîncălzitor

La teșirea anuală a capetelor țevilor erau necesare 3 330 ore-oameni sau 12 820 lei.

În urma folosirii dispozitivului de teşire, timpul necesar a scăzut la 844 ore-oameni sau 3 249 lei.

Rezultă o economie de manoperă de 9 571 lei, pentru fiecare cazan de 420 t/h.

În ultimele două exemple, costul energiei electrice, al frezelor disc şi al cuţitelor folosite la dispozitive nu depăşeşte costul pînzelor de ferăstrău, al pilelor etc.

În figura 8 este redată o nomogramă care ilustrează valoarea manoperei la operaţiile de debitare, teşire şi finisare, în funcţie de felul

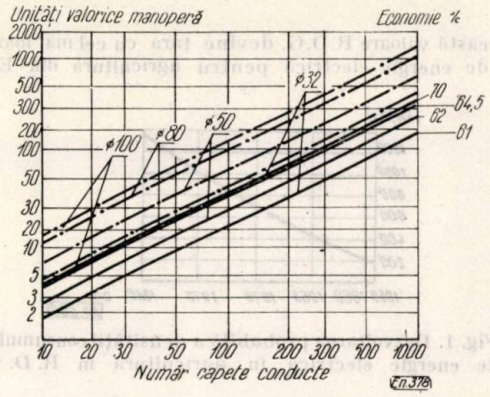


Fig. 8. Nomograma manoperei operaţiilor de debitare, teşire şi polizare a conductelor:
——— manoperă la lucrări mecanizate;
– · – · – manoperă la lucrări manuale.

prelucrării (manuală sau cu dispozitiv de mică mecanizare), diametrul conductei şi numărul de capete de prelucrat.

Din această nomogramă se constată o reducere a manoperei cu 61—70% pentru diametre ale conductelor de la 32 la 100 mm, în cazul folosirii micii mecanizări.

În mod asemănător, în figura 9 este redată o nomogramă care arată valoarea manoperei la operaţia de compactare manuală şi mecanizată a nisipului în conducte. Din examinarea nomogramei se observă o reducere a manoperei cu aproximativ 71%, în cazul folosirii micii mecanizări.

În ceea ce priveşte finanţarea confecţionării dispozitivelor de mică mecanizare, este necesar să se amintească că întreprinderile pot folosi creditele acordate de Banca de investiţii.

Acordarea acestor credite este condiţionată însă de realizarea de economii, care să creeze beneficii suplimentare, din care să fie posibilă rambursarea lor în perioada de timp stabilită.

Cheltuielile se consideră eficiente dacă economia totală realizată în perioada de folosire a dispozitivului creditat (E) şi coeficientul de rentabilitate (R) satisfac următoarele condiţii:

$$R = \frac{E}{C} \geqslant 1 \text{ şi } T = \frac{C}{e} \leqslant 2,$$

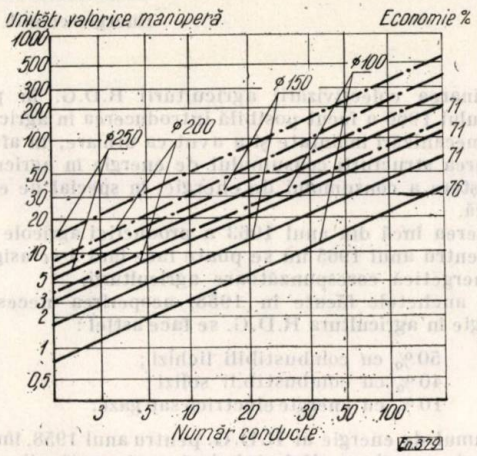


Fig. 9. Nomograma manoperei operaţiei de compactare a nisipului în conducte:
——— manoperă la lucrări mecanizate;
– · – · – manoperă la lucrări manuale.

în care:

C este costul acţiunii creditoare;
T — durata, în ani, de acoperire a cheltuielilor prin economiile realizate:
e — economia realizată în primul an de folosire a dispozitivului creditat.

Aceste condiţii trebuie îndeplinite simultan, luîndu-se în considerare şi celelalte efecte ale acţiunii de mecanizare.

Din cele expuse anterior rezultă că multe din problemele de mică mecanizare, foarte actuale în prezent, au fost cu succes atacate.

Pe măsura acumulării experienţei în realizarea dispozitivelor şi mecanismelor noi şi în perfecţionarea celor existente, domeniul lucrărilor mecanizate se va lărgi, ceea ce va contribui la răspîndirea şi mai mare a metodelor industriale de montaj.

Electrificarea agriculturii socialiste a R.D.G.

după articolele ing. *JOACHIM HANS FRIEDERICH*

— **Electrificarea agriculturii socialiste a R.D.G.**
Energetika (RSC) nr. 2/1962, p. 80 — 94;

— **Alimentarea cu energie electrică a agriculturii socialiste**
Energietechnik nr. 1/1962, p. 27—33.

Terminarea colectivizării agriculturii R.D.G. în primăvara anului 1960 a făcut posibilă introducerea în agricultură a unei mecanizări înaintate şi a avut ca urmare, în afară de schimbarea structurii consumului de energie în agricultură, şi o creştere a consumului de energie, în special de energie electrică.

Atingerea încă din anul 1963 a producţiei agricole planificate pentru anul 1965 nu se poate face fără a se asigura o bază energetică corespunzătoare agriculturii.

După anchetele făcute în 1958, acoperirea necesarului de energie în agricultura R.D.G. se face astfel:

50% cu combustibili lichizi;
40% cu combustibili solizi;
10% cu energie electrică sau gaze.

Consumul de energie al R.D.G. pentru anul 1958, împărţit pe surse de energie, se dă în tabela 1 pentru regiunile economice de bază.

Cu această valoare R.D.G. devine ţara cu cel mai mare consum de energie electrică pentru agricultură din Europa.

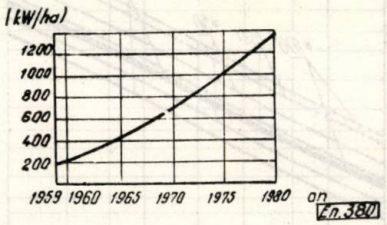


Fig. 1. Dezvoltarea probabilă a densităţii consumului de energie electrică în agricultură în R. D. G.

Ritmul de creştere a consumului de energie electrică în agricultură este de 15%, ceea ce corespunde la o dublare

Tabela 1

Regiunea	Suprafaţa arabilă	Combustibil solid		Combustibil lichid		Energie electrică		Total	
	10^3ha	Gcal/ha	%	Gcal/ha	%	Gcal/ha	%	Gcal/ha	%
Regiunea I*	3 135	310	27,7	672	60,9	120	11,0	1 102	100
Regiunea II*	2 172	870	52,3	660	39,8	127	7,8	1 657	100
Regiunea III*	1 126	284	29,6	511	51,4	183	18,8	978	100
În medie R.D.G.	6 433	495	38,8	650	51,0	131	10,2	1 276	100%

* *Reg I — Rostok, Schwerin, Neubranderburg, Postdam, Magdeburg*
Reg. II — Frankfurt, Gottbus, Leipzig, Halle, Erfurt
Reg. III — Karl—Marx—stadt, Shul, Gera, Dresden.

Cu formarea agriculturii complet colectivizată se schimbă şi modul de satisfacere a consumatorilor de energie. Se prevede ca în agricultură, pînă în 1965, să apară o creştere anuală a consumului de motorină cu cca. 7% şi de benzină cu 1%. În gospodăria ţărănească se prevede înlocuirea arderii neeconomice şi neigienice a combustibilului solid cu arderea gazelor prin extinderea reţelelor de distribuţie de gaze. Creşterea anuală a consumului de energie electrică este prevăzută în primii ani să fie de 7%.

În cadrul agriculturii socialiste centrele de greutate ale consumului de energie electrică se mută la marginea satelor, unde apar combinate pentru grajduri de vite, crescătorii de păsări, porci, instalaţii de însilozare şi uscare a nutreţului, sere etc.

Necesarul de putere prevăzut pentru agricultură, conform planului de 7 ani, defalcat pe tipuri de consumatori se dă în tabela 2; în acesta nu este inclus consumul gospodăriilor ţărăneşti şi consumurile social-culturale.

Consumul de energie electrică în agricultură reprezenta în 1953 2,1% din consumul total de energie electrică, iar în anul 1960 valoarea de 3,4% (1351 GWh). Raportat la suprafaţa arabilă, rezultă un consum de 208 kWh/ha (fig. 1).

la 5 ani, faţă de celelalte sectoare, unde creşterea este sub 10%.

În cadrul planului de 7 ani s-a prevăzut ca în 1965 consumul de energie electrică în agricultură să atingă 2 740 GWh/ha, ceea ce corespunde la 420 kWh/ha şi la cca. 4,35% din consumul total de energie electrică. Creşterea necesarului de putere electrică nu se face în acelaşi ritm cu creşterea necesarului de energie, deoarece apare şi o creştere a numărului de ore de utilizare pentru sarcina maximă, de la 2 400 h/an în 1960, la 2 800 h/an în 1965 şi ulterior la peste 3 800 h/an.

Se poate socoti totuşi că, dacă în 1959 agricultura a solicitat la vîrf o putere de 485 MW, în 1965 va atinge valoarea de 950 MW.

Din studiile Institutului de energetică al R.D.G. a rezultat că racordul unei întreprinderi agricole se calculează după mărimea gospodăriei agricole şi se împarte după cum urmează: 80% acţionări mecanice; 8% iluminat şi aparate mici; 12% aparate de încălzire.

Mărimea unui racord electric creşte cu importanţa consumatorului şi a gradului de mecanizare (fig. 2). O GAC de 1 000 ha necesită un racord de 600 kW (0,6 kW/ha). Mă-

Tabela 2

Nr. crt.	Denumirea consumatorului	Prevederile planului de 7 ani	Putere instalată pe unitate, kW	Putere maximă consumată simultan pe unitate, kW	Putere totală cerută sistem energetic național, MW	Obs.
1	Grajduri vite cornute (iluminat, mașini pentru pregătit hrana, macarale, încălzit etc.)	...	80	40	500	Se construiesc complexe pentru 480 vaci, formate dintr-o mulgătorie, 4 grajduri pentru alimentare și 4 grajduri pentru odihnă.
2	Mulgătorii	9 400 mulgători	24	17	...	Ca normă se consideră o putere instalată de 0,17 kW/vacă.
3	Aerisirea fînului cu suflante de aer	30 000 suflante	3	...	90	Pentru aerisirea și uscarea fînului se folosesc suflante axiale de aer și instalații de uscare cu aer cald.
4	Uscarea nutrețului verde : a) uscătoare cu circulație rapidă b) uscătoare cu gratii oblice		 135 80		 120 40	
5	Uscarea și aerisirea cerealelor în silozuri	8 000 silozuri	11 kW pentru antrenări, 18 kW pentru uscare	...	88	
6	Uscarea suplimentară a cerealelor în instalații speciale	2 000 instalații de uscare cu aer cald	12—25	...	35	
7	Sere (motoare de ventilatoare de aer cald)	15 000 motoare de ventilatoare	0,63	...	29	Se vor construi $1{,}6 \times 10^6$ m² sere ; în sere de mărime medie de 6 000—12 000 m². Se consideră necesară o putere de 0,013—0,018 kW m²/seră.
8	Irigări — motoare de pompe	...	11—13	...	15	
9	Crescătorii de porci (prepararea mecanică a hranei și transportul în cadrul crescătoriei)	2 000	40	20	80	Socotite în crescătorii de 2 000 de capete.
10	Crescătorii de păsări (prepararea hranei, încălzire)	1 250	40	...	50	Socotite în crescătorii de 6 000—10 000 buc. păsări.

rimea transformatorului de racord se poate calcula cu ajutorul formulei $P_t = \frac{P_a\, 0{,}2 \cdot 1{,}5}{\cos \varphi}$, unde

P_a este puterea necesară, kW ;

0,2 — gradul de utilizare $= \frac{\text{puterea cerută, kW}}{\text{puterea instalată, kW}}$

1,5 — factor de rezervă.

De aci rezultă că la o întreprindere complet mecanizată de 1 000 ha, este necesar un transformator de 200 kVA (0,2 kWA/ha) (fig. 3), iar dacă se ia în considerare și consumul gospodăriilor țărănești, mărimea transformatorului este de 0,4 kVA/ha.

Coeficientul de simultaneitate „g" (fig. 4) al tuturor consumatorilor din agricultură este de 97% și se datorește faptului că procesul de producție în întreprinderile agricole se desfășoară pe baza aceluiași plan de producție, în același ritm și provoacă în același timp sarcina maximă. Totuși, între curbele de sarcină ale GAC, GAS și SMT, după cum se vede în figurile 5 și 6, sînt deosebiri, dar deoarece numărul GAC este foarte mare, alura curbei totale de sarcină este mult influențată de acestea (fig. 7). De aceea pentru a face eficace măsurile energetice în agricultură trebuie început cu organizarea economiei energetice a GAC.

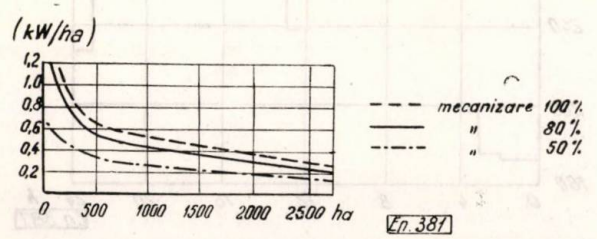


Fig. 2. Puterea specifică instalată (kW/ha) în funcție de mărimea gospodăriei agricole (ha).

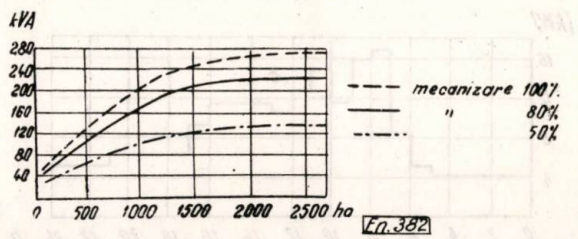


Fig. 3. Puterea specifică a transformatorului (kVA) în funcție de mărimea gospodăriei agricole (ha).

Din curba de sarcină din figura 8 se vede că producţia agricolă şi gospodăriile ţărăneşti dau împreună o diagramă de sarcină cu vîrfuri aproape egale dimineaţa şi seara.

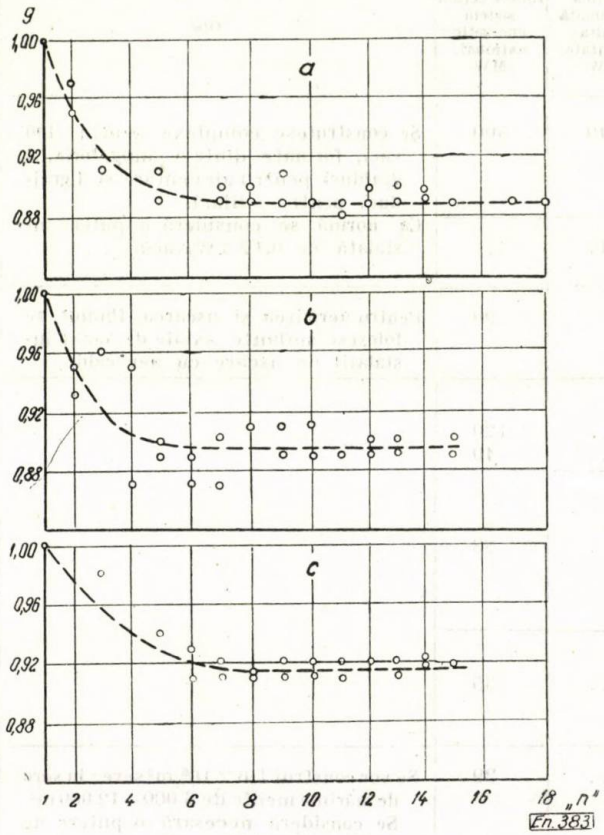


Fig. 4. Dependenţa coeficientului de simultaneitate „g" de numărul de unităţi „n" :
a – GAC; b – GAS; c – SMT.

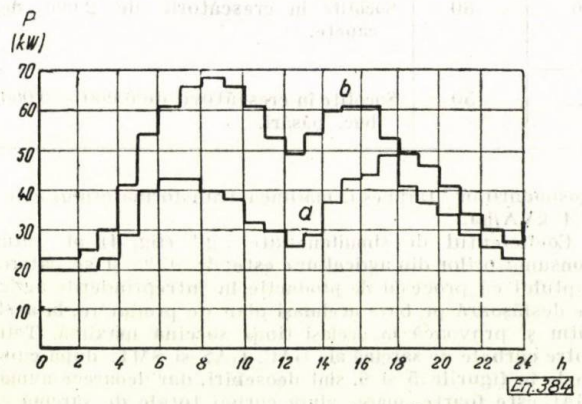


Fig. 5. Curba tipică de sarcină într-o zi de iarnă :
a – GAC de 874 ha; b – GAS de 900 ha.

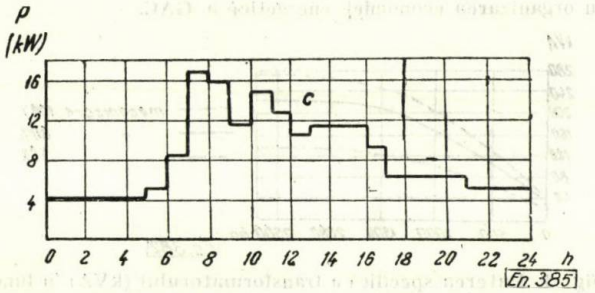


Fig. 6. Curba tipică de sarcină pentru SMT într-o zi de iarnă.

Pentru a se putea realiza o bună alimentare cu energie electrică a apărut necesar ca în agricultura R.D.G. să se pună pe primul plan facerea reţelelor de joasă şi medie tensiune

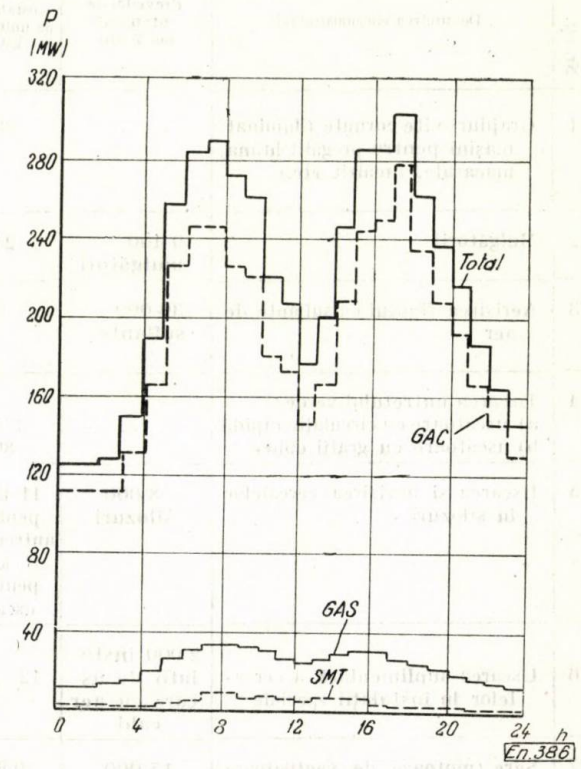


Fig. 7. Curba de sarcină în agricultură într-o zi de iarnă a anului 1960.

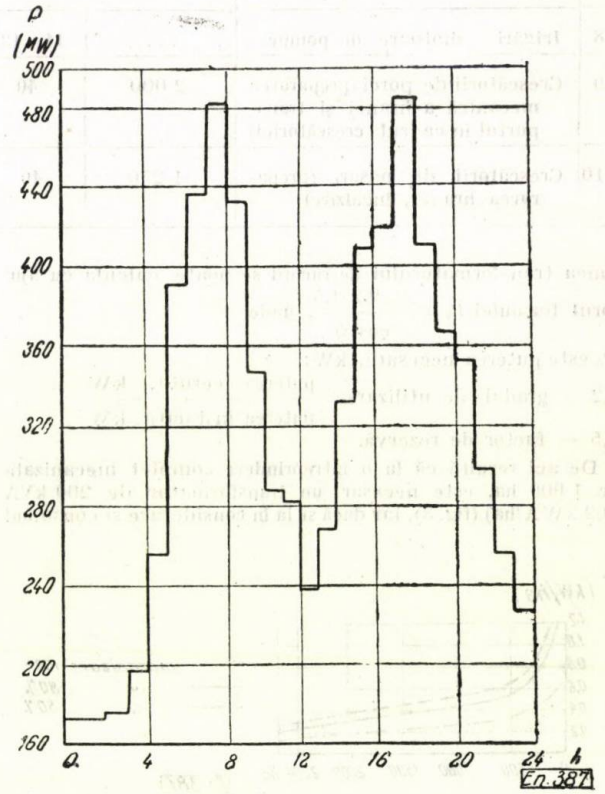


Fig. 8. Curba totală de sarcină în agricultură în iarna anului 1960.

corespunzătoare noilor cerințe de putere cît și pentru a se respecta normele de siguranță și protecție.

În domeniul rețelelor de medie tensiune se impune o standardizare încît să nu mai existe decît rețele de 10, 20 și 30 kV, alegîndu-se după condițiile specifice raionale sistemul cu trei tensiuni 110/20/10 kV sau de două tensiuni 110/20 kV. Tensiunea de serviciu pentru rețelele de joasă tensiune se recomandă să fie 380/220 V.

Pentru a se putea mări capacitatea de transport a rețelelor electrice existente în agricultură, pînă se vor construi altele noi, este necesar să se ia măsuri în cadrul întreprinderilor agricole care să ducă la o mai economică utilizare a energiei electrice și să se evite vîrfurile de sarcină.

În acest scop sînt necesare : dirijarea introducerii mașinilor în agricultură printr-o justă planificare ; creșterea consumului de energie electrică în timpul nopții prin automatizarea anumitor procese ca cele de pregătit turte, nutreț, uscat, încălzit apa etc. ; planificarea consumului de energie electrică al GAC și GAS în special între orele 6 și 13 prin care s-a arătat că se poate obține o reducere pînă la 50% a puterii cerute ; îmbunătățirea factorului de putere mai ales acolo unde sînt folosite motoare mai mari de 10 kW. ; punerea în concordanță a puterii motoarelor de antrenare cu puterile mașinilor antrenate etc.

W.K.

Distribuția energiei electrice într-un mare combinat metalurgic în R.S. Cehoslovacă

după : *H. BUTTA* și *B. VOSTRY*

„Distribuția energiei electrice la combinatul metalurgic Kósice din Slovacia de răsărit"
Energetika (R.S.C.) nr. 2/1962, p. 71—74

La alimentarea cu energie electrică a Combinatului metalurgic de la Kósice din R. S. Cehoslovacă a trebuit să se țină seama de următoarele probleme caracteristice :

— puterea totală instalată 800 MW, din care 150 MW instalați în motoare sincrone ;

— putere mare de vîrf rezultată din mărimea resurselor energetice și numărul mare de motoare sincrone ;

— întinderea mare a combinatului, distanțele mari între consumatorii acestuia și distanța combinatului în ansamblu de sursele de energie electrică.

Datorită mărimii și importanței consumatorilor, combinatul de la Kósice a fost prevăzut să fie alimentat din două surse energetice : sistemul energetic național și o centrală de termoficare proprie.

Alimentarea din sistem se face printr-o stație de 2 × 200 MVA 400/220/110 kV cu ajutorul a două linii de 220 kV și o linie de 110 kV. Stația poate acoperi aproximativ 55% din consumul combinatului.

Puterea centralei de termoficare a fost impusă numai de necesarul de abur pe care trebuie să-l asigure combinatului. A rezultat o putere de 160 MVA, căreia la un cos $\varphi = 0{,}7$ îi corespunde o putere de 112 MW.

Spre deosebire de vechile uzine metalurgice din R.S.C., unde s-au făcut rețele de distribuție interioară de 120 ; 220 ; 380 ; 500 V și de 1 ; 3 ; 5 ; 6, kV sau 10 ; 22 ; 35 kV pentru distribuția interioară, cîteodată toate în aceeași secție, în noul combinat s-au ales pentru alimentare doar trei tensiuni : 110 kV pentru distribuția principală, 6 kV și 380/220 V pentru distribuția de medie și joasă tensiune.

În tabela 1 se prezintă comparația tehnico-economică făcută după date extrase din proiect, pentru tensiunile de 110 ; 22 și 6 kV.

Pentru distribuția de joasă tensiune, de forță și iluminat s-a ales ca și în uzinele metalurgice sovietice tensiunea de 380/220 V.

Schema generală de alimentare a combinatului este următoarea :

De la ambele stații de 110 kV (stația propriu-zisă și stația CET) se alimentează prin cabluri de 110 kV substații de transformare de 110/6 kV, amplasate în diverse zone de consum ale combinatului. Aceste substații de 110/6 kV alimentează stațiile de transformare de 6 000/380/220 V de la secțiile combinatului.

Stațiile de transformare de la secții alimentează cu energie electrică consumatorii legați direct la media tensiune cît și transformatoarele coboritoare 6 000/380/220 V amplasate în imediata apropiere a consumatorilor.

Denumirea	U/M	Tensiunea		
		110 kV	22 kV	6 kV
Număr de suporți de cablu orizontali în canalul de cable	buc.	8	10	12
Numărul de cable pe un suport	buc.	1	2	4
Putere transportată (nr. suporților MVA pe un suport)	MVA	8 × 50 = 400	10 × 20 = 200	12 × 10 = 120
Pentru a se transporta 1000 MVA la 1 km sînt necesare :				
— cable	buc.	2	10	40
— suporți	buc.	2	5	10
Greutatea cablelor	t	86	170	300
Greutatea oțelului pt. construcția suporților	t	20	50	100
Beton armat pt. construcția canalului	t	650	1 270	2 150
Investiții în partea de cable	mil KCS	2,0	1,5	2,8
Investiții în partea de canal	mil KCS	0,8	1,6	2,7
Total investiții	mil KCS	2,8	3,1	5,5

Distribuţia între staţii, substaţii şi staţiile de secţie atît la 110 kV cît şi 6 kV se face prin cabluri amplasate în canale.

Caracteristicile principale ale staţiilor şi substaţiilor electrice sînt următoarele :

— **Staţia de transformare propriu-zisă** de 220/110 kV de tip exterior este amplasată pe teritoriul combinatului în apropierea secţiei de laminare, care reprezintă cel mai mare consumator de energie electrică, dar într-o zonă fără depuneri şi emanaţii nocive. Staţia este echipată cu două autotransformatoare de 220/110 kV şi întreruptoare cu ulei puţin VMM — 110, cu o putere de rupere de 3 500 MVA. De la această staţie se alimentează substaţiile de transformare 110/6 kV de la furnale, de laminare la cald, cocserie şi oţelărie.

Tot aici este amplasată şi staţia de transformare a secţiei de laminare la rece echipată cu transformatoare de 31,5MVA, 110/6 kV.

— **Staţia electrică a centralei de termoficare.** CET şi staţia respectivă sînt amplasate în centrul combinatului în apropierea consumatorilor cei mai importanţi : oţelăria, cocseria şi furnalele a căror siguranţă în funcţionare impune o dublă alimentare.

Staţia este de tip interior, datorită depunerilor şi emanaţiilor nocive ale furnalelor din apropiere, şi este alimentată de la cele patru turbogeneratoare din CET de cîte 40 MVA, 28 MW, cos $\varphi = 0{,}7$; 6 kV, bloc cu cîte un transformator ridicător 6/110 kV, 40 MVA ; staţia este legată prin două cabluri de 110 kV cu staţia de transformare propriu-zisă.

De la staţie, se alimentează prin cablu de 110 kV în afară de substaţiile de transformare de la oţelărie, cocserie şi furnale şi staţia de transformare 110/6 kV de la secţia de servicii auxiliare, care poate asigura în caz de avarie alimentarea în 6 kV a secţiei de laminare.

— **Substaţiile de transformare 110/kV** sînt amplasate pe tot teritoriul combinatului în centrele de consum.

Pentru aceste substaţii s-a căutat să se folosească la maxim spaţiile construite din cadrul combinatului. Datorită faptului că nu totdeauna spaţiul disponibil a fost suficient, transformatoarele şi distribuţia au fost instalate în celule semideschise pentru a fi protejate şi împotriva depunerilor.

Staţiile sînt echipate cu transformatoare de 31,5 MVA, 110/6 kV, întreruptoare cu ulei puţin cu o putere de rupere de 600 MVA baterii de acumulatoare, instalaţii de aer comprimat etc.

S-a dat o atenţie deosebită construcţiei celulelor de la aceste staţii de 110/6 kV atît la alegerea materialelor cît şi ca concepţie şi execuţie.

— **Staţii de distribuţie de secţii** sînt aşezate în centrul consumului, chiar în clădirea respectivă sau într-o clădire alăturată şi sînt echipate cu dulapuri de distribuţie de oţel tip SM 14 400 MVA şi instalaţiile auxiliare aferente de aer comprimat, baterii de acumulatoare etc.

În aceste dulapuri de oţel sînt amplasate transformatoarele coborîtoare de tip uscat, bloc cu distribuţia şi cu mărimi de 160, 250 şi 400 kVA pentru necesităţile de iluminat şi de 1 000 kVA pentru necesităţile de forţă.

— **Distribuţia de înaltă tensiune** pe teritoriul combinatului se face în cablu de 110 kV. Distanţa medie de transport este de 1 800 m. Cablurile sînt monofazate cu circulaţie de azot sub presiune (14 — 20 at).

Cablurile sînt amplasate în canale de cabluri care au o lungime de peste 10 km. Canalele sînt de tip monolit sau din prefabricate.

Pentru cazurile de provizorat s-au întrebuinţat, în loc de canale, tuburi de beton de 210 mm.

Pe întregul combinat a fost necesară compensarea unei puteri reactive de cca. 280 MVA.

Compensarea s-a propus să se facă prin :

— Turbogeneratoarele de la termocentrală, care au fost comandate cu un cos $\varphi = 0{,}7$, ceea ce corespunde la o putere reactivă de 110 MVAr;

— Generatoarele de la turbinele de contrapresiune (4 buc) 40 MVAr ;

— Electromotoarele cu puteri peste 1 MW, care vor fi motoare sincrone cu un cos $\varphi = 0{,}8$.

Socotind că toate motoarele sincrone din cadrul combinatului însumează 150 MW, la un cos $\varphi = 0{,}8$, înseamnă o putere reactivă de 110 MVAr.

Puterea reactivă a generatoarelor şi motoarelor sincroane compensează cca. 95% din puterea reactivă a combinatului.

— Condensatoare pentru compensare n-au fost folosite decît pe partea de 380 V la transformatoarele de forţă.

Ing. **Camil Wlezek**

RECENZII

CALABRESE, G. O. **SYMMETRICAL COMPONENTS APPLIED TO ELECTRIC POWER NETWORKS.** New York, The Ronald Press Co, 1959, 464 p.

Giusseppe Calabrese, în trecut profesor de electrotehnică la Universitatea din New York, este cunoscut în literatura tehnică în special prin lucrările sale referitoare la aplicaţia calculului probabilităţilor la studiul sistemelor energetice.

Cartea sa recentă despre componente simetrice reprezintă o dezvoltare a cursului său ţinut la universitate şi a lucrării fundamentale „L'aplicazione delle Coordinate Simmetriche alla Rizoluzione delle Equazioni Algebriche" publicată de C.L. Fortescue şi G. O. Calabrese în Atti del Congresso Internazionale dei Matematici (sept. 1928).

Literatura referitoare la componente simetrice, dacă avem în vedere cărţile, nu reprezintă un volum prea mare de lucrări. Printre acestea [1—8] prezintă şi azi un interes principal cartea clasică a lui Wagner şi Evans [1], precum şi prezentarea succintă dar de foarte mare interes practic a lui Hobson şi Whiteheal [4]. O carte modernă în acest domeniu, ultima publicată pînă la apariţia cărţii lui Calabrese este lucrarea lui A. Hoohrainer apărută în 1957 şi care a fost în trecut prezentată în coloanele revistei. Desigur că despre componente simetrice se ocupă aproape toate tratatele de electrotehnică teoretică şi cele care se referă la analiza sistemului energetic ; particularitatea cărţilor care se ocupă în mod specific de componente simetrice este că ele sînt în fond o prezentare a diferitelor elemente care constituie sistemul energetic din punctul de vedere al modului cum trebuie determinate impedanţele şi admitanţele echivalente pentru reţelele de diverse secvenţe. Din acest punct de vedere cartea lui Calabrese conţine şi o serie de probleme suplimentare care sînt însă de mare actualitate în tehnica actuală a sistemelor energetice. Cele douăsprezece capitole ale cărţii sînt următoarele : 1 — introducere ; 2 — echivalenţa reţelelor electrice ; 3 — mărimi relative şi procentuale ; 4 — mese de calcul ; 5 — teoreme folositoare în studiul circuitelor ; 6 — teoria matematică a componentelor simetrice pentru circuite trifazate ; 7 — aplicaţia componentelor simetrice la circuite trifazate ; 8 — analiza sistemelor trifazate simetrice cu un singur defect sau nesimetric ; 9 — impedanţele liniilor de transport trifazate pentru curenţi de secvenţă directă, inversă şi homopolară, factorii de nesimetrie de secvenţă homopolară şi inversă pentru linii de transport fără transpuneri ; 10 — capacitatea directă, inversă şi homopolară a liniilor de transport ; 11 — impedanţa cablurilor pentru curenţi de secvenţă directă, inversă şi homopolară ; 12 — componentele α, β, 0.

Ceea ce iese cel mai pregnant în evidenţă este străduinţa autorului de a da conţinutului o formă de prezentare modernă care ţine seama de contribuţiile autorilor americani din ultimul deceniu. Cartea este adresată studenţilor, dar ea poate servi şi personalului ingineresc care lucrează cu componente simetrice. Primele cinci capitole au un caracter mai general şi ele sînt destinate să acopere un domeniu care este de obicei neglijat. Deşi textul are un caracter introductiv, o serie de probleme fiind omise — cum ar fi defectele şi nesimetriile multiple — şi altele extrem de sumar tratate — spre exemplu maşinile sincrone, asincrone şi transformatoarele

— autorul a ştiut să introducă în modul cel mai convenabil diferitele noţiuni şi simboale utilizate astfel încît materialul prezintă o claritate deosebită.

Prin modul cum autorul priveşte şi prezintă diferite noţiuni, el reuşeşte să introducă o notă originală în prezentare. Considerînd mărimea scalară ca o sumă de două mărimi vectoriale conjugate se aruncă o nouă lumină asupra reprezentării lui Fresnel şi se obţine o expresie generalizată pentru puterea instantanee. Rezultă în acest fel mai pregnant convenţionalitatea celor două forme ale puterii complexe ($\bar{E} \cdot \bar{I}^*$ sau $\bar{E}^* \bar{I}$). Tratarea capitolului 2 se bazează pe o serie de note publicate de autor în 1939 şi pleacă de la condiţia care cere egalitatea admitanţei de intrare cu suma admitanţelor de transfer referitoare la nodul respectiv. Pe baza acestei metode de prezentare se stabilesc circuitele echivalente ale reţelelor cu două şi trei terminale precum şi cuadripolii echivalenţi ai liniilor de transport folosind constantele unitare introduse de Povejsil şi Johnson, ceea ce permite determinarea rapidă a parametrilor caracteristici pentru orice reţea electrică de foarte înaltă tensiune. Atenţia specială pe care o acordă autorul unităţilor relative este pe deplin justificată prin folosirea largă a acestui sistem de unităţi şi lipsa unui text suficient de detaliat referitor la această problemă. Se ilustrează în mod explicit, folosind o prezentare foarte clară, modificările unităţilor relative în prezenţa unui lanţ de transformatoare şi de asemenea se tratează problema efectului introducerii unui autotransformator pe circuite paralele. Capitolul foarte scurt despre mese de curent alternativ în care se dau o serie de date caracteristice ale unora din mesele de calcul din S.U.A. este urmat de asemenea de o foarte scurtă prezentare a cunoscutelor teoreme folosite în studiul circuitului electric şi anume : teorema de suprapunere, de reciprocitate, de substituţie şi teorema lui Thévenin. Introducerea componentelor simetrice se face utilizînd operatorii de diferite secvenţe S^0, S^2 şi S^1 ; între aceştia se determină regulile de aplicare ale operaţiunilor algebrice şi în felul acesta se simplifică în mod apreciabil forma expresiilor care leagă diferite mărimi şi componentele lor simetrice şi se uşurează demonstraţia diferitelor relaţii. Dar partea cea mai dezvoltată şi care ocupă relativ volumul cel mai mare este cea referitoare la impendanţele longitudinale şi la susceptanţele capacitive transversale ale liniilor electrice aeriene. Folosind metoda modernă de determinare a mărimii impedanţei echivalente a unei faze în funcţie de impendanţa proprie a unei faze cu întoarcere prin pămînt şi în funcţie de impedanţele mutuale a două faze cu întoarcere prin pămînt, autorul dă un suport fizic bine precizat diferitelor impedanţe de secvenţă directă, inversă şi homopolară. În acest fel deducerea expresiilor impedanţelor serie şi a admitanţelor derivaţie pentru reţelele de diferite secvenţe se face după un procedeu formal similar.

Textul prezintă o mare claritate şi autorul reuşeşte fără dezvoltări exagerate să dea o prezentare şi o demonstraţie închegată într-un domeniu în care alţi autori utilizează demonstraţii mai complicate şi citeodată neconvingătoare.

Se consideră în ansamblu că noua carte de componente simetrice a lui Calabrese, deşi nu atacă probleme noi, reprezintă o expunere modernă care se distinge printr-o mare claritate şi o redactare foarte îngrijită ca fond şi ca formă.

A.R.

PRINCIPALELE CĂRŢI APĂRUTE PÎNĂ ÎN PREZENT ASUPRA COMPONENTELOR SIMETRICE

[1] Wagner, F. C., Evans R. D. *Symmetrical components* N. York. Mc. Graw Hill Book 1933.

[2] Stubbings, G. W. *Elements of Symmetrical components Theory* London — Pitman 1937.

[3] Neumann, R. *Symmetrical components Analysis of Unsymmetrical polyphase systems.* London- Pitman 1939.

[4] Hobson, S. E., Whitehead D. L. *Symmetrical components.* În cartea Elektrical Transmission and Distribution Reference Book Pittsburg, Westinghouse 1950, p. 12—31.

[5] Raymond, F. *Contribution a l'étude des réseaux polyphasés symmétriques.* (Thése de Doctorat de l'Université de Paris) 1945.

[6] Geszti, P. Otto, Pal K. Kovacs. *Szimmetrikus összetvök.* Budapest-Akadémiai Kiado 1957, p. 951.

[7] Hochrainer, A. *Symmetrische Komponenten.* Berlin-Springer Verlag, 1957, p. 352.

[8] Lyon, V. W. *Analiz perehodnîh profesov v elektriceskih maşinah peremenogo toka metodom simmetricinîh sostavliaiuscih.* (traducere din limba engleză) Moscova, 1958, GEI, p. 400.

[9] Ulianov, S. A. *Korotkie zamîkanniia v elektriceskih sistemah* Moscova-Leningrad, 1952 G.E.I. cap. 6, p. 190.

[10] Fabrikant, V. I. *Filtri simmetricinîh sostavliaiuşcih,* Moscova-Leningrad, 1950, G.E.I.

[11] Melnicov, A. N. *Calculul regimurilor de funcţionare a reţelelor sistemelor electrice.* Traducere din limba rusă. Bucureşti, 1951 OPED, cap. 5, p. 76.

[12] Cernin, G. I. *Korotkie zamîkanie pri nepolnofaznih rejimah electriceskih sistem.* Moscova — Leningrad, GEI—1952.

[13] Atubekov, G. I. *Teoreticeskii osnovî releinoi zascitî visokovoltnîh setei.* Moscova-Leningrad GEI 1957, cap. 1, p. 15, cap. 4, p. 79.

[14] Zeveke, G. V.ş Ionkin, P. A. *Osnovî electrotehniki ; ciasti pervaia : Osnovî teorii ţepei.* Moscova-Leningrad, 1955 GEI, cap., 15, p. 202.

[15] Kalautarov, P. L., Neiman L. P. *Teoretikeskie osnovî elektrotehniki ; ciasti vtoroia ; Teoria ţepei peremenogo toka.* Moscova-Leningrad, 1954, GEI, cap. 7, p. 196.

CRONICĂ

Sesiunea ştiinţifică a Institutului de energetică al Academiei R.P.R.

În zilele de 30 şi 31 martie 1962, s-a ţinut la Casa oamenilor de ştiinţă sesiunea anuală de comunicări a Institutului de energetică al Academiei R.P.R. la care au participat membri ai Academiei, cercetători ai institutelor tehnice academice şi departamentale, oameni de ştiinţă şi specialişti din întreprinderi şi instituţii din capitală şi provincie.

Sesiunea a fost prezidată de acad. I. S. Gheorghiu, vicepreşedinte al Academiei R.P.R., cuvîntul de deschidere fiind rostit de prof. R. Răduleţ, directorul Institutului de energetică, care a prezentat principalele realizări obţinute de colectivele de cercetare în cursul anului 1961.

În cadrul sesiunii au fost prezentate un număr de 23 comunicări printre care citäm :

— *Structura bilanţului energetic al R.P.R. pe anul 1959,* de M. Elefterescu, St. Kovacs şi S. Manea;

— *Procedee de calcul pentru determinarea bilanţului energetic de perspectivă,* de T. Miclescu şi Al. Pap;

— *Prognoza necesarului de putere şi energie electrică,* de Cs. Nagy, M. Petcu şi S. Manea;

— *Determinarea daunelor provocate de întreruperea alimentării cu energie electrică,* de C. Guţu, M. Petcu şi A. Soci;

— *Efectul fenomenelor tranzitorii asupra indicilor integrali de calitate a reglajului,* de E. Arie;

— *Studiul cu ajutorul calculatoarelor cifrice și analogice al influenței reglajului de tensiune și viteză asupra stabilității și oscilațiilor generatorului sincron în sistem energetic*, de F. Manea, S. Ionescu și M. Pomîrleanu;

— *Studiul cu ajutorul mașinii analogice Mecan-1 al influenței centralelor termoelectrice asupra reglajului frecvenței*, de P. Nicolae;

— *Erorile de măsură a schemelor de înregistrare a supratensiunilor interne*, de B. Popa;

— *Cercetări privind stabilirea nivelului de izolație a barelor din stațiile și posturile de transformare de tip interior*, de I. Adămuț și G. Drăgan;

— *Valorificarea cărbunilor din Valea Jiului*, de M. Rosemberg, M. Weiss, Th. Gherasimatos, P. Roman, St. Todea și L. Mihăilescu;

— *Progresele pe plan mondial în tehnologia fabricării cocsului brichete prin tratament termochimic*, de I. Nistor și F. Ștefănescu;

— *Studiul unor parametri tehnologici ai procedeului de fabricare a cocsului brichete prin tratament termochimic*, de I. Blum, I. Nistor, F. Ștefănescu, C. Panaitescu și V. Tăzlăuanu;

— *Cercetări privind utilizarea cărbunilor bruni și ligniților la fabricarea cocsului brichete prin tratament termochimic*, de I. Blum, I. Nistor, F. Barca, R. Costea;

— *Desulfurarea cărbunilor neaglutinanți prin fluidizare cu agent oxidant*, de I. Blum, V. Cîndea, I. Nistor și C. Panaitescu;

— *Unele caracteristici energetice ale ligniților din bazinul Oltenia*, de N. Pănoiu, G. Singer, I. Carabogdan, V. Bălan și C. Crăciuneanu;

— *Aspecte privind influența viscozității combustibilului lichid asupra arderii și radiației flacării*, de V. Ghia, I. Spahiu și E. Fercală;

— *Posibilități de aplicare ale turbinelor de gaz metan în R.P.R.*, de V. Pimsner și I. Cserveny;

— *Asupra regimurilor staționare ale ansamblului conductă de transport-turbină de trecere*, de I. Cserveny;

— *Influența numărului de ajutaje tangențiale asupra caracteristicilor pulverizării la injectoarele cu camere de turbionare cu întoarcere*, de V. Ghia, I. Spahiu și S. Molfetta;

— *Aspecte ale studiului influenței parametrilor constructivi ai pulverizatoarelor asupra legii de injecție cu ajutorul mașinii analogice de calcul*, de I. Teodorescu;

— *Studiul stabilității arderii la ieșirea din tuburi* de V. Pimsner, N. Antonescu, D. Grecov, M. Biener și C. Arieșeanu.

În afara acestor comunicări s-a mai prezentat comunicarea *„Studii privind problema reducerii nivelului de izolație al echipamentului stațiilor de 110 kV"*, de Dorin Costina, Balazs Mathe, Valeriu Stanciu (Electroputere-Craiova).

Discuțiile și dezbaterile au contribuit la lămurirea diferitelor aspecte legate de problemele expuse.

În încheiere, prof. R. Răduleț a făcut o scurtă analiză a modului cum s-au desfășurat lucrările sesiuni subliniind că acestea au marcat o și mai strînsă legătură a cercetărilor institutului cu necesitățile economiei naționale și a relevat importanța rezultatelor obținute în anul 1961 de institut în rezolvarea unor probleme energetice complexe.

S.F.

DOCUMENTARE

Electroenergetica

Hessen, Petter. **Un transformator avînd puterea nominală record de 1000 MVA**. În ASEA Jour. **34**, 1961, nr. 6, iunie, p. 102—106.

Sistemul de 400 kV din Suedia care a împlinit în 1960 opt ani de la realizare are o putere instalată în transformatoare tip ASEA de 9 000 MVA. Cea mai remarcabilă unitate care constituie de altfel recordul actual în materie de putere la transformatoare este transformatorul de 1 000 MVA.

Transformatorul este compus din trei unități monofazate cîntărind fiecare 259 t (greutatea de transport 187 t).

Grupul trifazat are următoarele caracteristici: putere 1 000/1 000/333 MVA, tensiune 400/217/20 kV, conexiune autostea/triunghi, tensiuni de scurtcircuit $\varepsilon_{12} = 8\%$ la 1 000 MVA, $\varepsilon_{13} = 10{,}2\%$ la 333 MVA și $\varepsilon_{23} = 7{,}3\%$ la 333 — MVA. Nivelul de izolație la tensiune de impuls a fost ales: pentru clasa 400 kV—1 500 ÷ 900 kV bobinajul (izolație în trepte) și 1 550 kV izolatorul de trecere, pentru clasa 217 kV — 900 ÷ 375 kV bobinajul (izolație degresivă) și 1 050kV izolatorul de trecere și în sfîrșit pentru bobinajul de 20kV o tensiune de izolare la impuls de 125 kV. Pentru a putea fi transportat, transformatorul a fost confecționat dintr-un jug cu 5 coloane (4 ferestre) care a fost perfecționat față de tipurile anterior folosite la unități de 400 kV. Bobinajele de 400 și 217 sînt de tipul plat avînd cele trei înfășurări de pe miezurile active legate în paralel. Intrarea înfășurării de 400 kV este practicată la mijloc. Fiecare înfășurare de 400 kV are două secțiuni în paralel pe fiecare miez ceea ce permite alegerea unei izolații la capătul dinspre jug ca la partea spre linie a desfășurării de 217 kV. Înfășurarea de 20 kV este bobinată de asemenea pe toate cele trei miezuri active. Răcirea este efectuată în 10 schimbătoare de căldură în care uleiul sub presiune este răcit de ventilatoare.

a. r.

Harold R. Moore: **Transformatoare cu răcire interioară**. In: Westinghouse Eng. **21** (1961) nr. 6 (nov.) p. 191—194.

Pînă în prezent izolația transformatoarelor a fost executată din plăci de presare preimpregnate cu ulei și spații libere pentru circulația uleiului. În special este de menționat existența unor canale de ulei în imediata vecinătate a bobinelor pentru a mări eficiența răcirii. Rezistența acestui tip de izolație este determinată în special de caracteristicile dielectrice ale uleiului care sînt cu circa 50% mai slabe ca acele ale plăcilor de presare preimpregnate cu ulei. Noul tip de construcție se bazează pe eliminarea tuturor canalelor de ulei și înlocuirea lor cu plăci de presare ceea ce conduce la o construcție mult mai compactă. Pentru a asigura răcirea înfășurărilor, fiecare bobină este formată din două secțiuni așa încît se formează un canal de ulei interior. Cele două secțiuni ale bobinei sînt legate în paralel așa încît tensiunea aplicată canalului de ulei este extrem de redusă chiar cînd bobina este supusă la supratensiuni atmosferice sau interne. Noul sistem de răcire adoptat a permis în același timp să se amelioreze dimensiunile, să se îmbunătățească eficacitatea răcirii și să se micșoreze pierderile în cupru și impedanța de scăpări. Folosind răcirea interioară se poate, păstrînd anumite gabarite date, să se construiască un transformator cu o putere cu 35% mai mare. Pentru aceeași putere se obține o reducere a greutății cu circa 20% și a pierderilor cu circa 14%. Noua tehnică este extrem de recentă (după 1958) și nu a fost aplicată decît în 1961 cînd a fost construit un transformator monofazat experimental. Se pot construi unități de puteri foarte mari și tensiuni foarte înalte. Autotransformatorul 138/750 kV pentru stațiunea experimentală de la Apple Greve este construit cu răcire interioară.

a.r.

Hawley, R. **Generator magnetohidrodinamic**. In: Journ. of Institution of Electr. Engineers **7** (1961) nr. 83 (nov). p. 667—669.

O mărire a randamentului producerii de energie electrică se poate obține printr-o transformare directă a energiei combustibilului în energie electrică. În acest scop se utilizează drept conductor electric însăși coloana de gaz combustibil care a fost adusă în stare ionizată prin ridicarea la o temperatură mare. Randamentul termic maxim corespunzător ciclului Carnot: pentru o temperatură maximă de 3 000°K și o temperatură minimă de 300°K este de $\eta = 0{,}9$ (în mod mai larg între 0,75—0,9).

Cercetările făcute pînă în prezent au permis să se estimeze un randament practic de 0,56 — 0,6.

Generatorul magnetohidrodinamic se compune dintr-un ajutaj divergent prin care trec gazele calde care suferă o destindere adiabatică şi capătă o mare viteză. Apoi gazele trec printr-o conductă în care există aplicat un flux magnetic transversal. Gazul fiind ionizat în coloana sa, se induc sarcini electrice care sub influenţa cîmpului electric încep să capete o derivaţie urmînd orbite circulare; forţa de antrenare este constantă şi perpendiculară pe planul format de direcţia de curgere a gazului şi direcţia de obţinere a cîmpului electric. Electronii şi ionii se separă şi sînt colectaţi de doi electrozi ce se află la două extremităţi opuse ale conductei.

Prin interacţiunea cîmpului magnetic şi a curentului din circuitul electrozilor apare un efect de frînare a gazului. Dacă gazele sînt încetinite la jumătate din viteza iniţială, numai 3/4 din energia gazelor poate fi (din punct de vedere teoretic) transformată în energie electrică.

A fost realizat un generator pilot de 10 kW care a lucrat cu gaze cum ar fi heliul sau argonul amestecate cu 1% potasiu în formă de praf de carbonat de potasiu. Conductivitatea obţinută pentru gaz a fost între 80—150 mho/m. Cu argon s-a obţinut un debit de curgere de 0,3 kg/s şi o temperatură de 2 800°K, o tensiune de 27 V şi un curent de 430 A,

a.r.

Dezvoltarea întrerupătoarelor cu aer comprimat de înaltă tensiune. În: Beama Journal **68** (1961) nr. 4 (nov.) p. 121—125.

După intrarea în funcţiune a supergridului de 275 kV, în prezent se proiectează şi se construieşte echipamentul pentru reţeaua de 400 kV, care va intra în funcţiune în 1965.

În cadrul acestor preocupări a fost pus la punct şi construit un nou tip de întreruptor cu aer comprimat pentru şirul tensiunilor 132÷650 kV şi care are curenţi nominali de 2—4 kA şi un curent de scurtcircuit de 50 ÷ 60 kA.

În Anglia primul întreruptor cu aer comprimat a fost realizat în 1940 pentru 6,6 kV—150 MVA putere de rupere. În 1947 a fost instalat primul întreruptor cu aer comprimat de 132 kV. Întreruptoare de acest tip au fost extinse şi pentru tensiunea de 275 kV. Toate aceste întreruptoare sînt de tipul clasic adică avînd aerul comprimat în rezervoare la nivelul solului, supape de aer amplasate la baza coloanei de susţinere a întreruptorului şi separatoare montate pe întreruptor. La acest tip de întreruptor aerul comprimat nu intervine în întreruptor decît în timpul manevrelor şi există doi factori care influenţează caracteristicile: (1) timpul necesar aerului comprimat ca să ajungă de la rezervoare la întreruptor şi (2) căderea de presiune care rezultă.

Noul tip de întreruptor de tip „r" pentru 400 — 500 kV 35—30 GVA este construit pe un alt principiu, contactele fiind supuse presiunii de 14 ata a aerului comprimat atît în poziţie închisă cît şi în poziţie deschisă. Manevrele se fac prin evacuarea aerului de pe o parte a pistoanelor contactelor (creîndu-se momentan o diferenţă de presiune) şi prin acţiunea resoartelor. Comanda întreruptorului este mecanică pînă la nivelul supapelor de aer care sînt amplasate lîngă contacte la potenţialul liniei. S-a renunţat la folosirea unui separator deoarece contactele fiind sub presiune tensiunea de izolare în stare deschisă este suficientă.

Întreruptorul compus din unităţi monocoloană este asamblabil în serie orizontală formînd ansambluri de tip Y sau T pentru 400 respectiv 500 kV.

Se indică condiţiile de încercări şi detaliile constructive ale întreruptorului cu aer comprimat de tip „r"

a.r.

Weiler, H. C. **Elicoptere în construcţia liniilor aeriene.** In: ETZ—B **13**, nr. 24, noiembrie 1961, p. 647—651.

Elicopterele mici cu puteri de ridicare de 300...500 kg se pot întrebuinţa doar pentru cazuri speciale cum ar fi reparaţiile de scurtă durată, întinderea cablurilor peste prăpăstii etc. Se dă ca exemplu reparaţia unor linii aeriene din Franţa distruse prin ruperea unui dig. Urmează exemplul cu un elicopter mai mare, care, distribuind 63 stîlpi de lemn de-a lungul traseului pe un teren foarte accidentat, a redus timpul precalculat de plantare de la 2 luni la 2 zile şi a economisit 40% din costul montajului. În alte cazuri se transportă ca sarcini (părţi din stîlpi cu zăbrele, stîlpi de lemn etc.) cu greutăţi pînă la 1 450 kg pe distanţe de 9,7 km.

La una din linii s-a adus cu elicopterul betonul necesar fundaţiilor unor stîlpi cu zăbrele în teren foarte accidentat. De la betonieră, betonul în cantităţi de cîte 0,4 m³ (1,2 t) era adus pe distanţa de 1,6 ... 4,8 km şi turnat direct în gaura dinainte pregătită, economisindu-se 60% din cost faţă de turnarea fără elicopter. La o altă lucrare este descrisă tehnologia scoaterii din pămînt a unor stîlpi vechi şi transportul, inclusiv montajul stîlpilor noi de 20 m şi 1 700 kg. Se arată aici că transportul şi montajul a 100 de stîlpi, care în cazul de faţă ar fi durat 3 ... 4 luni, se putea realiza cu elicopterul într-o zi la un preţ de cost de 4 ... 5 ori mai scăzut. În cazul descris s-ar fi putut achiziţiona un elicopter cu economiile realizate în 8 luni. La aceeaşi lucrare s-au întins şi cablurile aeriene cu elicopterul într-un timp de 14 ori mai scurt şi la un preţ de 3 ori mai mic.

Se arată apoi în ce constau lucrările pregătitoare şi cum trebuie să fie efectuate acestea pentru ca elicopterul să lucreze cît mai multe ore din zi şi să fie deci cît mai rentabil. Un rol important îl joacă aici şi instruirea personalului, conlucrarea cu pilotul etc.

La o lucrare s-au transportat în 4,5 ore de zbor părţile componente pentru 17 stîlpi cu zăbrele (122 t) pentru o linie de 7,2 km. Operaţia ar fi necesitat fără elicopter trei săptămîni.

În sfîrşit, se dă un exemplu, de stîlp-portal cu zăbrele de 24 m înălţime pentru o linie de 138 kV care a fost transportat întreg pe distanţa de 2 km la locul său de montaj în 10 min.

Urmează consideraţiuni economice arătîndu-se cazurile de rentabilitate ale elicopterelor proprii şi închiriate. În special se iau în consideraţie economiile de timp realizate cu elicopterul. Articolul se încheie cu indicaţii privind costul de achiziţionare şi de exploatare la elicoptere, arătîndu-se că s-au construit maşini cu o portanţă de 8 t şi că există posibilitatea ca această cifră să fie ridicată la 40 t.

g.c.

Termoenergetica

Gladkovskii, P. S. **Turbina cu abur K-300—240 construită de uzina L.M.Z.** În: Energomaşinostroienie anul **8** (1962) nr. 3, p. 1—3,

În articol se prezintă date asupra constructiei şi performanţele turbinei noi de 300 MW, fabricată de L.M.Z., care urmează să fie dată în exploatare.

Caracteristici tehnice

Presiunea aburului ata	240
Temperatura aburului °C	580
Supraîncălzirea intermediară la presiunea de 40/36 ata, °C	565
Puterea MW	300
Turaţia rot/min	3 000
Presiunea de calcul în condensator la temp. apei de răcire 12°, ata	0,035
Temperatura de preîncălzire a apei de alimentare °C	260±5
Numărul de preîncălzitoare incluzînd degazorul.	8
Numărul racordurilor de evacuare în condensator	3
Consumul specific de căldură kcal/kWh	1 830
Lungimea, m: turbina	21,3
inclusiv generatorul	36,5
Greutatea turbinei t	690
Debitul prelevat pentru boilere şi preîncălzirea aerului cazanului t/h	60

La funcţionarea fără prize turbina poate fi încărcată la 320 MW. Turbina are un singur ax şi 3 corpuri. Condensatorul cu 2 căi poate prelua prin intermediul instalaţiei rapide de reducere — răcire 500 t/h abur în perioada pornirii sau în caz de descărcare bruscă. Pentru evacuarea aerului servesc două ejectoare cu apă.

Pentru a se reduce pericolul de incendiu, s-a adoptat soluţia folosirii drept agent de lucru în sistemul de reglare a

unui lichid neinflamabil. Sistemul de reglare primeşte impulsuri printre altele de la traductori ai presiunii din cazan, presiunii din condensator şi acceleraţiei rotorului în cazul descărcării brusce a sarcinii.

Aparatele de măsurat, automatizare şi reglare permit conducerea grupului de la panoul central de comandă, inclusiv operaţiile de pornire şi oprire.

Turbina va funcţiona în bloc cu un cazan de 950 t/h.

Pe baza experienţei obţinute biroul de construcţie al uzinei a elaborat proiectele unor turbine de 400 şi 500 MW cu un ax şi de 800 şi 1000 MW cu două axe.

i. g.

Smulian T. L. **Caracteristicile principale ale cazanelor de debit mare construite de T K Z** În : Teploenergheticа anul **8**, nr. 12, 1961, p. 27—33.

Uzinele constructoare de cazane din Taganrog execută agregate de cazane pentru blocurile de 100, 200 şi 300 MW cu care se echipează centralele de mare putere de 1200—2400 MW.

Pentru a se obţine performanţe îmbunătăţite, s-au elaborat construcţii diferenţiate pentru diverşi combustibili. În acest mod, la cazanele de 420 şi 500 t/h funcţionînd pe gaz şi păcură s-au obţinut construcţii mai compacte cu indici tehnico-economici superiori. Cazanul de 420 t/h, cu parametrii de 140 ata şi 570° destinat turbinelor VPT-50-3 de 50 MW a fost executat pentru trei sorturi de combustibil. Cazanul de 500 t/h pentru turbinele PVK-150 de 150 MW a fost construit în două variante.

În anul 1960 s-a terminat construcţia cazanului TP-100 de 640 t/h destinat blocurilor de 200 MW. A fost executată prima variantă a cazanului de 950 t/h, avînd indicativul TPP-110, pentru blocurile de 300 MW echipate cu turbinele SVK-300.

În prezent se elaborează în comun cu ŢKTI proiectele tehnice ale cazanelor de 1500 şi 2400 t/h pentru blocurile de 500 şi 700 MW.

În tabela alăturată se reproduc cîţiva din indicii de proiect ai unor cazane de debit mare proiectate de TKZ.

T A B E L Ă

CU INDICII DE PROIECT AI UNOR CAZANE DE DEBIT MARE PROIECTATE DE TKZ

	Tipul cazanelor			
	TPP-110	TGMP—114	TPP—120	TPP—200
Debitul, t/h	950	950	1 500	2 400
Puterea calorifică, kcal/kg	6 010	9 170 / 8 489	6 010	6 010
Solicitarea focarului, 10^3 kcal/m³ h	147	353 / 365	—300	—300
Temperatura gazelor evacuate, °C	120	134 / 125	120	120
Randamentul, %	92,1	92,9 / 93,1	92,5	92,5

Geltman, A. E., Piskarev, A. A. **Despre folosirea rezervelor de putere ale turbinelor şi cazanelor.** În : Electriceskie Stanţii anul **32**, nr. 2, 1962, p. 2—6,

Se scoate în evidenţă existenţa unor rezerve de putere importante disponibile la turbinele şi cazanele de construcţie sovietică.

Turbinele construite în ultimii 15 ani ţin seamă de prevederile formulate în GOST 3618-47 şi 3618-58 cu privire la necesitatea asigurării puterii nominale în cazul scăderii parametrilor aburului la admisie, sau în cazul creşterii temperaturii apei de răcire, — în limitele indicate. Pentru a putea realiza puterea nominală şi cu parametrii înrăutăţiţi s-a prevăzut o capacitate de admisie mărită. În multe cazuri, la funcţionarea în condiţii nominale, din cele 4 ventile de reglare se folosesc numai trei, al patrulea intervenind în scopul menţinerii puterii la scăderea parametrilor. Capacitatea de trecere a roţii de reglare a fost stabilită în consecinţă cu o rezervă de peste 10%. Capacitatea maximă de admisie în situaţia ventilelor de reglaj complet deschise depăşeşte cu 10—18% debitul de calcul pentru regimul nominal de funcţionare.

În cazul schemelor bloc, debitul nominal al cazanelor a fost stabilit pe considerentul de a se putea menţine puterea nominală a blocului în situaţia funcţionării cu parametrii înrăutăţiţi. În urma acestui fapt, debitul nominal al cazanelor depăşeşte debitul nominal al turbinelor cu 10—20%. Aceeaşi rezervă, neutilizată în majoritatea timpului, există la toate instalaţiile auxiliare ale sălii de cazane şi la instalaţiile de alimentare cu combustibil. Neconcordanţa între regimurile nominale ale cazanului şi turbinei duce la scăderea economicităţii blocului. În continuare se arată că regimul cel mai economic de funcţionare al turbinelor este tocmai regimul de supraîncărcare.

În acest regim căderea de entalpie prelucrată de roata de reglare, care are un randament intern scăzut, este minimă.

În unele cazuri uzinele constructoare au permis supraîncărcarea turbinelor cu 10—15% (turbinele HTGZ, K-100-90 şi K-150-130), în alte cazuri această problemă nu a fost încă soluţionată favorabil.

În scopul folosirii rezervelor de putere existente, se propune ca drept putere nominală să fie consemnată puterea turbinei la funcţionare cu parametrii nominali şi cu ventilele de reglaje complet deschise. Trebuie renunţat la prevederea care impune asigurarea puterii nominale la funcţionare cu parametrii înrăutăţiţi.

i.g.

Hidroenergetica

Aleksandrov, A. E. **Controlul termic al crapodinelor de la hidrogeneratoare,** În : Electriceskie Stanţii anul **33**, nr. 3, 1962, p. 44—47.

În ultimul timp se folosesc metode noi pentru controlul funcţionării crapodinelor. Supravegherea acestora se realizează în special prin fixarea unor elemente de măsură ale temperaturii nemijlocit în segmenţi.

Comportarea segmenţilor se urmăreşte observînd încălzirea acestora.

Drept traductori se întrebuinţează termocuple şi termorezistenţe. Semnalele obţinute sînt conduse la aparate indicatoare sau înregistratoare. În multe cazuri se realizează acţionarea dispozitivelor de declanşare urmărindu-se preîntîmpinarea avarierii segmenţilor în cazul creşterii excesive a temperaturii acestora.

Făcînd o prezentare a realizărilor constructive cele mai uzuale, autorul prezintă o analiză a cauzelor care au condus în unele cazuri la funcţionarea defectuoasă a protecţiei termice a crapodinelor avînd ca urmare avarierea acestora. Se relevă importanţa alegerii judicioase a locului de măsură. În majoritatea cazurilor amplasarea elementelor de măsurat se face la o distanţă de 20—40 mm de suprafaţa de lucru a segmentului, — în felul acesta la o funcţionare în regim staţionar se măsoară o temperatură mai redusă cu 6—10 grd. În cazul regimurilor tranzitorii elementul de măsurat sesizează cu o întîrziere de mai multe minute saltul de temperatură produs la suprafaţa de lucru. Traductorii cu termorezistenţă folosiţi au o inerţie termică ridicată.

Pe baza experienţei ORGRES autorul recomandă folosirea drept traductori a termocuplelor, prinderea acestora de metal putîndu-se face lesnicios. Amplasarea lor se va face la 2 —3 mm de suprafaţa de lucru a segmentului.

i.g.

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR DOKUMENTÁCIÓS OSZTÁLY 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 662.61 :662.753.3

Ungureanu, C.: **Распыление горючего с помощью пневматических инжекторов низкого давления**

Дается математическое изложение распада струи и применение теории подобия к явлению распыления, затем описывается опытная установка и показываются результаты, полученные при рапсылении различных жидкостей. Конечной целью является распыление мазута.

Energetica, 10 (1962) No 8 стр. 313–319

ДК 621.316.262 :621.314.22

Buhuş, P.: **Экономичный режим параллельной работы трансформаторов с тремя обмотками**

В статье рассматривается вопрос определения нагрузок, при которых будет экономично изменить число параллельно работающих на одной и той же станции трансформаторов с тремя обмотками. Анализируется случай работы подобных трансформаторов, а также и более общий случай работы трансформаторов с различной мощностью или различными характеристиками.

Energetica, 10 (1962) No, стр. 319–325

В ПОМОЩЬ МОЛОДОМУ ИНЖЕНЕРУ

ДК 621.317.372.

Ionaşcu, Gh.: **Замеры в цепях с изолированной нейтралью или компенсированной катушками тушения**

В статье представлены замеры в целях с нейтралью, изолированной с целью правильной компенсации.

Energetica, 10 (1962) No 8, стр. 325–341

ОБСУЖДЕНИЯ

ДК 621.316.727 :621.319.4

Doran, M.: **Некоторые аспекты расчета эффективности компенсации реактивной мощности статическими конденсаторами**

В работе указывается количественное влияние уже имеющихся в системе компенсационных установок на расчет эффективности. Дается предложение по устранению этого влияния, сохраняя правильность метода расчета эффективности компенсации.

Energetica, 10 (1962) No 8, стр. 341–344

ДК 621.311.727 :621.319.4

Vladimir, N.: **О времени амортизации установок статических конденсаторных батарей для компенсации реактивной мощности на промышленных предприятиях**

Исходя из соотношения известного из инструкции относительно компенсации реактивной мощности, устанавливается зависимость между временем рекуперации и компенсированной реактивной мощностью. Эта зависимость иллюстрируется на числовых примерах для трех частных случаев. Даются рекомендации для будущих новых инструкций.

Energetica, 10 (1962) No 8, стр. 344–347

В ПОМОЩЬ ПРОИЗВОДСТВУ

ДК 621.311.22.002.72

Georgescu, G. и *Filitti, D.*: **Аспекты малой механизации монтажных работ на термоэлектрических станциях**

Energetica, 10 (1962) 20,8, стр. 348–381

ЭНЕГЕТИКА ЕА РУБЕЖОМ, стр. 352–256
РЕЦЕНЗИИ, стр. 356–357
ХРОНИКА, стр. 357–358
ДОКУМЕНТАЦИЯ, стр. 358–360

INHALTSVERZEICHNIS

DK 662.61 :662.753.3

Ungureanu, C.: **Zerstäubung flüssiger Brennstoffe mit Niederdruckbrennern**

Der Verfasser stellt die Theorie des Strahlzerfalls mathematisch dar und wendet die Ähnlichkeitsctheorie bei Zerstäubungsvorgängen an. Weiterhin werden die in einer Versuchsanlage erzielten Ergebnisse der Zerstäubung von Schweröl erörtert.

Energetica, 10 (1962), H 8, S. 313–319

D.K.621.316.262 :621.31422

Buhuş, P.: **Wirtschaftliche Betriebsverhältnisse von parallel geschalteten Dreiwicklungstransformatoren**

Untersuchung der Belastungsverhältnisse bei denen die Änderung der Anzahl der in einer Umspannanlage befindlichen parallel geschalteten Dreiwicklungstransformatoren wirtschaftlich wird. Es werden dabei sowohl Transformatoren gleicher Leistung und Bautype, als auch solche mit verschiedenen Kennwerten in Betracht gezogen.

Energetica, 10 (1962) H. 8, S. 319–325

FÜR DEN JUNGINGENIEUR

DK 621.317,372

Ionaşcu , H.: **Messungen in Netzen mit izoliertem oder mittels Löschspulen kompensiertem Nullpunkt**

Erörterung der in einem Netz mit isoliertem Nullpunkt zwecks genauer Konpensierung vorgenommenen Messungen.

Energetica, 10 (1962) H. 8, S. 325–341

DISKUSSIONEN

DK 621.316.727 :621.319.4

Doran, M.: **Einiges zur Berechnung der Wirksamkeit von Blindleistungskompensation mittels Kondensatorbatterien**

Es wird der mengenmässige Einfluss in einem Netz vorhandener Kompensationsanlagen auf die Wirksamkeitsberechnungen der Blindleistungskompensation erörtert. Ein Verfahren zur Neutralisierung dieses Einflusses wird vorgeschlagen, ohne dadurch die Richtigkeit der Berechnung der Kompensationswirksamkeit zu beeinträchtingen.

Energetica, 10 (1962) nr. 8, S. 341–344

DK 621.311.727 :621.319.3.

Vladimir, N.: **Betrachtungen zur Tilgungsfrist von Kondensatorbaterien für Blindleistungskompensation in Industrieanlagen**

Es wird auf Grund der Vorschrift für die Bestimmung der Wirksamkeit der Blindleistungskompensation die Abhängigkeit der Tilgungsfrist von der kompensierten Blindleistung festgestellt. Ein Zahlenbeispiel weist das Abhängigkeitsverhältnis für drei Einzelfälle nach. Es werden Empfehlungen für die neuen in Ausarbeitung begriffenen Vorschriften gegeben.

Energetica, 10 (1962) nr. 8, S. 344–347

FÜR DIE BETRIEBE

621.311.22.002.72

Georgescu, G. und *Filitti D.*: **Einiges über die Anwendung kleiner Geräte für die Mechanisierung von Montagearbeiten in Wärmekraftanlagen**

Energetica 10 (1962) nr. 8, S. 348–351

ENERGIEWIRTSCHAFT IM AUSLAND, S. 351–356
REZENSIONEN, S. 356–357
CHRONIK, S. 357–358
DOKUMENTATION, S. 358–360

SOMMAIRE

CD 662.61 :662.753.3

Ungureanu, C. : **La pulvérisation des combustibles à l'aide des injecteurs pnéumatiques à basse pression**

On expose mathématiquement la théorie de la décomposition de la veine et l'application de la théorie de la similitude aux phénomènes de pulverisation, après quoi on décrit une installation expérimentale et on montre les résultats obtenus par la pulvérisation de differents liquides. Le but final est la pulvérisation du pétrole brut.

Energetica, 10 (1962) no. 8, p. 313–319

CD 621.316.262 :621.314.22

Buhuş, P. : **Régimes de fonctionnement en parallèle des transformateurs à trois enveloppements**

On traite dans l'article du problème de la détermination de la charge où il devient économique de modifier le nombre des transformateurs à trois enveloppements qui fonctionnent en parallèle dans une station. On analyse le cas des transformateurs identiques ainsi que le cas plus général des transformateurs à puissances ou à caractéristiques differentes.

Energetica, 10, (1962) no. 8, p. 319–325

A L'AIDE DE JEUNE INGENIEUR.

CD 621.317.372

Ionaşcu, Gh. : **Mensurations dans les réseaux à neutre isolé ou compensé par des bobines d'extinction**

On présente dans l'article des mensurations dans des réseaux à neutre isolé en vue d'une compensation corrrecte.

Energetica, 10 (1962) no. 8, p. 325–341

DISCUSSIONS

CD 621.316.727 :621.319.4

Doran, M. : **Certains aspects du calcul de l'efficacité de la compensation de la puissance réactive avec des condensateurs statiques**

On montre dans l'article l'influence quantitative que possédent les installations de compensation existant déja dans le système, sur le calcul de l'efficacité.

On y fait une suggestion pour l'élimination de cette influence, tout en conservant la correction de la méthode de calcul de l'efficacité de la compensation.

Energetica, 10 (1962) no. 8, p. 341–344

CD 62.311.727 :621.319.4

Vladimir, N. : **Considérations en rapport avec la durée de l'amortissement des installations de batteries de condensateurs statiques pour la compensation de la puissance réactive, dans les entreprises industrielles**

Partant de relations connues, contenues dans des instructions concernant l'efficacité de la compensation de la puissance réactive, on établit la dépendance de la durée de récupération de la puissance réactive compensée.

On fait des recommandations pour les nouvelles instructions qui vont être établies.

Energetica, 10 (1962) no.8, p. 344–347

A L'AIDE DE LA PRODUCTION

CD 621.311.22.002.72

Georgescu, G. et *Filitti, D.* : **Aspects concernant la petite mécanisation des travaux de montage aux centrales thérmoélectriques.**

Energetica, 10 (1962) no. 8, p. 348–351

L'ENERGETIQUE A L'ÉTRANGER, p. 352–356
COMPTES-RENDUS, p. 356–357
CHRONIQUE, p. 357–358
DOCUMENTATION, p. 358–360

CONTENTS

DC 662.61 :662.753.3

Ungureanu, C. : **Fuel spraying by means of low-pressure pneumatic injectors**

The theory of vein decomposition and application of the similitude theory to spraying phenomena are mathematically exposed. An experimental installation is then described and some information given concerning the results obtained in spraying different liquids. The final aim is the crude oil spraying.

Energetica. 10 (1962) nr. 8, p. 313–319

DC 621.316.262 :621.314.22

Buhuş, P. : **Economical functioning regime for parallelly working three winding transformers**

This paper discusses the problem of determining the charges at which it becomes economical to change the number of three-winding transformers working parallelly in a station. The author analyses the case of identical transformers as well as the more general case of the transformers with different characteristics.

Energetica, 10 (1962) nr. 8, p. 319–325

THE YOUNG ENGINEER'S GUIDE

DC 621.317.372

Ionaşcu, Gh. : **Measurements in networks with insulated neutral or compensated by interruption bobbins.**

Measurements in networks with insulated neutral are presented in view of an accurate compensation.

Energetica, 10 (1962) nr. 8, p. 325–341

DISCUSSIONS

DC 621.316.727 :621.319.4

Doran, M. : **Some aspects concerning the calculus of the efficiency of compensating the reactive power by means of statie condensers**

The quantitative influence of the compensation equipment already existing in the system on the efficiency calculus is pointed out.

A suggestion is made for eliminating this influence, maintaining the accuracy of the method used to compute the effectiveness of compensation.

Energetica, 10 (1962) nr. 8, p. 341–344

DC 621.311.727 :621.319.4

Vladimir, N. : **Some considerations concerning the sinking time of statie condenser batteries for compensating the reactive power in industrial enterprises**

Starting from the known relations of an instruction concerning the efficiency of the compensation of the reactive power, the dependence is established of the recuperation time on the compensated reactive power. A numerical example is given to illustrate this dependence in three particular cases.

Some suggestions are made in view of new instructions which are to be elaborated.

Energetica, 10 (1962) nr. 8, p. 344–347

AIDING THE PRODUCTION

DC 621.311.22.002.72

Georgescu, G. and *Filitti, D.* : **Some aspects concerning the small mechanization of setting up works in thermoelectric power stations**

Energetica, 10 (1962) nr. 8, p. 348–351

ENERGETICS ABROAD, p. 352–356
REVIEWS, p. 356–357
CHRONICLE, p. 357–358
DOCUMENTATION, p. 358–360

LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

o lucrare enciclopedică în domeniul tehnicii şi al ştiinţelor ei de bază

Dezvoltarea economiei noastre naţionale, datorită avîntului industriei, al tehnicii, cere oamenilor muncii să-şi ridice necontenit nivelul profesional, să-şi lărgească continuu sfera de cunoştinţe tehnice, pentru a contribui din plin la creşterea şi perfecţionarea neîntreruptă a producţiei socialiste, pe baza tehnicii celei mai înalte.

Răspunzînd acestei necesităţi şi aplicînd în practică directivele partidului şi guvernului, Editura Tehnică a tipărit între anii 1949—1956 prima ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn, elaborat de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din Republica Populară Romînă (ASIT).

La realizarea acestei lucrări au contribuit cîteva sute de colaboratori — academicieni, membri corespondenţi ai Academiei R.P.R., doctori în ştiinţe, cadre universitare dintre cele mai calificate, ingineri şi tehnicieni care activează nemijlocit în aproape toate ramurile industriale, laureaţi ai Premiului de Stat etc.

Lexiconul Tehnic Romîn ediţia I a apărut în şapte volume cuprinzînd 48 763 de termeni directori cu toate subdiviziunile lor şi circa 6 500 figuri.

Apariţia numeroaselor ramuri noi de producţie, dezvoltarea rapidă pe care a luat-o tehnica în ultimii ani şi creşterea numărului celor care folosesc tehnica, cît şi precizările făcute în multe domenii ale terminologiei tehnice de către Academia R.P.R. şi Oficiul de Stat pentru Standarde au dus la publicarea noii elaborări a acestei lucrări.

Concepută în 16 volume, noua elaborare cuprinde un vast material documentar din 70 de discipline de bază şi va prezenta în circa 10 000 de pagini 70 000 de termeni directori şi aproximativ 17 000 de figuri.

În noua lui formă, Lexiconul reflectă nivelul înalt la care s-a ridicat capacitatea de cercetare, de proiectare şi de producţie din ţara noastră, sub impulsul industrializării socialiste a ţării şi al cuceririlor noi, romîneşti şi mondiale, ale ştiinţei.

Noua ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn cuprinde o informare tehnică mai amplă, atît în ceea ce priveşte numărul de termeni trataţi cît şi întinderea şi profunzimea fiecărui text explicativ, bazată pe progresul tehnicii şi al ştiinţei. Numărul de discipline s-a mărit, cuprinzînd ramuri noi ca : Pedologia, Televiziunea, Plasticitatea, Fizica atomică nucleară etc.

S-au introdus mulţi termeni noi, ca : Acoperire, Adaos, Metalurgie, Aerofar, Automatizare, Aeromagnetometrie, Bureză, Calculator electronic etc.

S-a realizat o ordonare mai sistematică a materialului şi o unificare a terminologiei tehnice şi ştiinţifice, de comun acord cu lucrările lexicografice ale Academiei R.P.R. şi cu Oficiul de Stat pentru Standarde.

Aspectul grafic al lucrării a fost schimbat. S-a folosit formatul mare Z5—205/265 mm cu un număr mai mare de semne tipografice pe pagină, cu o ilustraţie bogată şi pe hîrtie velină.

Pînă în prezent au apărut primele zece volume ale noii ediţii a Lexiconului Tehnic Romîn.

Următoarele şase volume (vol. XI—XVI) vor apărea în anii 1962—1964, cuprinzînd literele Med—Z, iar preţul fiecărui volum va fi de 100 lei.

Noua elaborare a Lexiconului Tehnic Romîn va intra în tezaurul culturii ca un bun social şi va deveni un îndrumător preţios pentru ingineri, tehnicieni, cercetători, cadre didactice, militari, studenţi şi muncitorii cu un nivel mai ridicat.

E 2039

R

REFERATIVA

ENERGETICA

9

Energetica — Vol. 10 — septembrie nr. 9/1962 — p. 361-408 — București

1962

RECOMANDĂRI PRIVIND ÎNTOCMIREA ARTICOLELOR TEHNICO-ŞTIINŢIFICE

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. *Lucrări* ce pot fi prezentate spre publicare :

1.1.1. *de importanţă generală* (principii noi, dispoziţii noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite ale unor fenomene fizice şi procese tehnice cu caracter general) ;

1.1.2. *tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale,* avînd contribuţii originale dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilităţii unor dispoziţii, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) :

1.1.3. *tehnice obişnuite* (expunerea stadiului unor probleme tehnico-ştiinţifice, discuţii şi critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. *Legătura cu practica* muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie trebuie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

1.3. *Verificarea experimentală* se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. *Lucrările* care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţiei spre publicare

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. *Organizarea* lucrării

2.1.1. *Titlul* va prezenta în minimum de cuvinte obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărţirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor şi înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul.* În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei, de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obţinute, cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstraţii originale sau absolut necesare înţelegerii formulelor din text ; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* Afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrşitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziţia lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. *Prezentarea* lucrării

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stil.* Redactarea va fi clară şi concisă. Ortografia va fi în concordanţă cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepţia celor unanim recunoscute.

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înţelegerii raţionamentului matematic. Sînt suficiente, în general, punerea în ecuaţie şi indicarea rezultatelor. Pentru demonstraţii se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă şi diagramă. Tabelele vor fi referite în text şi se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară şi intuitivă a unor idei, puncte de vedere. El trebuie să completeze expunerea din text şi va fi referit cu grijă în text, indicîndu-se sursa lui.

2.2.6. *Sistematizarea şi numerotarea* capitolelor se vor face cu grijă evitîndu-se excesele. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. *Forma exterioară a lucrării*

2.3.1. *Terminologie, mărimi şi unităţi.* Se recomandă a fi conforme cu normele internaţionale şi STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor.* Se recomandă o atenţie deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii şi exponenţii se vor scrie mai mici decît baza şi aşezaţi mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, gotice etc. Numerotarea formulelor se va face în dreapta în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar şi raţional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicaţia figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare .

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziţiei lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte menţiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît şi figuri sau tabele), atît speciale cît şi cele generale. Se vor indica toate datele în transcripţii originale. Pentru cărţi : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual şi tradus, în paranteze), ediţia, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual şi tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la maşină* al articolelor este recomandat cu insistenţă, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură faţă, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginaţia* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea.* Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A4 şi cu plicul conţinînd materialul grafic-ilustrativ anexat.

3. RELAŢII CU REDACŢIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicaţii.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoţitoare pe adresa redacţiei. În notă se vor indica : titluri academice, funcţiuni, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituţii sau organizaţii vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esenţiale faţă de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

ENERGETICA

ANUL 10 Nr. 9 SEPTEMBRIE 1962

CUPRINS

CZ 621.32/39

Lucrările simpozionului de sub egida CEE — O.N.U. : „Utilizarea rațională a energiei electrice". Varșovia — mai 1962

Energetica, *10* nr. 9, 1962, p. 361 – 378

CZ 621.311.15/16

Marcu B. : **Probleme tehnice ale reglajului curbei de sarcină. Raport prezentat de delegația R.P.R. la simpozionul : „Utilizarea rațională a energiei electrice" Varșovia — mai 1962**

Energetica, *10* nr. 9, 1962, p. 379 – 282

CZ 621.187

Grosz I. : **Punctul de rouă și problemele coroziunii suprafețelor de recuperare de la sfîrșitul cazanului**

În articol se prezintă tipurile de aparate de măsură folosite în diverse țări pentru determinarea punctului de rouă și se arată concluziile cercetărilor asupra coroziunilor în cazul funcționării sub temperatura punctului de rouă.

Energetica, *10* nr. 9, 1962, p. 383 – 388

CZ 621.316.1.052.4.001.24

Petroianu A. : **Cîteva probleme de calcul numeric ce apar în cazul determinării regimurilor de funcționare ale rețelelor buclate cu ajutorul mașinilor electronice cifrice**

În articol se face o expunere aplicativă a metodei iterative de rezolvare a problemelor de circulație de puteri în cazul rețelelor buclate cu condiții de variații la noduri.

Energetica, *10* nr. 9, 1962, p. 389 – 395

ÎN AJUTORUL EXPLOATĂRII

CZ 621.187

Dinulescu C. : **Perturbații în exploatarea ejectoarelor și remedii posibile**

Energetica, *10* nr. 9, 1962 p. 396 – 398

CZ 621.187.3

Feldiman M. și *Voinea M.* **Rezultatele și generalizarea noii metode de spălare prin procedeul hidropneumatic al rețelelor de termoficare**

Energetica, *10* nr. 9, 1962, p. 398 – 400

DISCUȚII

CZ 535.241.46

Voica M. : **Observații asupra articolului „Calculul iluminatului fluorescent" de ing. D. I. Dinulescu (Energetica *9* nr. 1, 1961 p. 31 – 34)**

Energetica, *10* nr. 9, 1962, p. 400 – 401

RECENZII, p. 401 — 402

DOCUMENTARE, p. 403 — 408

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU,** redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BA**DEA, prof. ing. **M. BERCOVICI,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNI**CEANU, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** laure al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru core pondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU.** conf. ing. **N. MOLDOVEANU,** prof. ing. **C. PENESCU,** ing. **T. POPA,** ing. **SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

ENERGETICA

ANUL 10
1962
Nr. 9
SEPTEMBRIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

Lucrările Simpozionului de la Varşovia, mai 1962 cu tema

„Utilizarea raţională a energiei electrice"

Sub egida Comisiei Economice Europene a O.N.U. a fost organizat simpozionul cu tema „Utilizarea raţională a energiei electrice". Lucrările simpozionului au avut loc între 21—25 mai a.c. la Varşovia. Între 26—29 mai a.c. au avut loc călătorii de studii la obiective industriale din R.P.Polonă.

Ţările participante la simpozion au fost: Austria, Belgia, R.P. Bulgaria, Canada, R.S. Cehoslovacă, R. D. Germană, R.F. Germană, Spania, Franţa, Anglia, R.P.Ungară, Italia, Norvegia, Olanda, R.P. Polonă, Suedia, Turcia, S. U. A., R.P.F. Iugoslavia, U.R.S.S., R.P.Romînă.

Delegaţia R.P.Polonă a fost condusă de un adjunct al ministrului. Conducătorii celorlalte delegaţii erau la nivel de directori generali sau directori.

Din delegaţia R.P.R. au făcut parte:

— ing. *Bernard Marcu*, inspector general energetic din M.M.E.E. — conducătorul delegaţiei;
— ing. *Nicolae Moldoveanu* — M.M.E.E.;
— ing. *Ghe. Popescu* — M.I.P.C.;
— ing. *Arsenie Badea* — C.T.N.

Au participat de asemenea la lucrări, fără a face parte din delegaţie, ing. *Sebastian Ionescu* şi ing. *Mihai Petcu* de la Institutul de energetică al Academiei R.P.R.

După deschiderea oficială a lucrărilor simpozionului, care a avut loc la 21 mai a.c., şedinţele de lucru — toate plenare — s-au desfăşurat în zilele de 22—25 mai.

Cu caracter informativ au fost prezentate din partea Comitetului pentru energie electrică al C.E.E.-O.N.U. trei rapoarte referitoare la probleme ale situaţiei energetice în lume şi în Europa (grupa A).

Rapoartele „*studiu comparativ al caracteristicilor curbelor de sarcină zilnice şi anuale în diferite ţări europene*" şi „*probleme referitoare la situaţia în domeniul energetic în lume şi în special în Europa*" au prezentat numeroase date interesante asupra evoluţiei situaţiei în domeniul energetic.

De asemanea, din partea grupei de lucru pentru electrificarea rurală a fost prezentat un interesant raport despre „*raţionalizarea consumului de energie electrică în agricultură*".

Problemele supuse discuţiilor, pe bază de rapoarte multiplicate şi difuzate în prealabil, au fost grupate şi prezentate de raportorii generali polonezi.

Grupările stabilite au fost:

B. Mijloace destinate să limiteze variaţia sarcinii electrice prin deplasarea unor consumuri din vîrful de sarcină sau prin dezvoltarea anumitor consumuri speciale în timpul orelor de gol de sarcină.

C I. Mijloace pentru utilizarea raţională a energiei electrice în transport şi industrie.

C II. Mijloace pentru utilizarea raională a energiei electrice în iluminat, uz casnic şi agricultură.

D. Metode tehnice, economice şi organizatorice de stimulare a utilizării raţionale a energiei electrice de către consumatori.

27 rapoarte referitoare la reducerea vîrfului de sarcină electrică au fost cuprinse în grupa B.

Date fiind investiţiile foarte importante necesare pentru construcţia de centrale electrice destinate acoperirii vîrfului de sarcină, metodele de reducere a consumului de vîrf au fost obiectul preocupării a numeroşi raportori din diferite ţări. Problemele tratate s-au referit la:

— variaţia sarcinii şi acoperirea vîrfului;
— reducerea vîrfului prin oprirea furniturii de energie electrică marilor consumatori;
— ameliorarea formei curbei de sarcină prin acumularea de căldură;
— utilizarea excedentului de energie electrică.

Principalele mijloace pentru îmbunătăţirea formei curbei de sarcină a sistemului electroenergetic sînt:

— extinderea largă a interconexiunii sistemelor energetice;
— introducerea orei de vară;

– deplasarea unor consumuri industriale de energie electrică din orele de vîrf de sarcină în orele de gol, prin oprirea totală sau reducerea parțială a consumului în orele de vîrf;

– acumularea de energie noaptea în orele golului de sarcină;

– organizarea funcționării utilajelor cu mers discontinuu în afara orelor de vîrf de sarcină;

– încurajarea consumatorilor care reduc sarcina în orele de vîrf;

– încurajarea producerii combinate de căldură și energie electrică la consumatorii industriali.

Introducerea orei de vară, adică mutarea orei oficiale cu o oră înainte în intervalul aprilie - septembrie conduce la scăderea vîrfului de seară, la economii de energie de vîrf și implicit sporesc posibilitățile de efectuare a reparațiilor grupurilor din centralele electrice în lunile de vară.

Experiența țărilor care au aplicat acest procedeu arată reduceri ale vîrfului de sarcină de 8–9% în R.P. Polonă și 3% în R.P. Ungară și o economie de energie de 1 respectiv 3‰ din consumul anual.

Rapoartele scot în evidență că rezultate favorabile se obțin numai în țările situate la estul fusurilor orare legale.

Întrucît, în cele mai multe țări europene, ca de altfel și în R.P.R. întreprinderile industriale absorb peste 50% din consumul net de energie electrică apare limpede că atenția principală trebuie acordată reducerii puterilor cerute la vîrful de sarcină de consumatorii industriali.

Metoda principală constă în oprirea totală sau reducerea parțială a sarcinii unor utilaje mari consumatoare de energie electrică în orele de vîrf.

Se practică metodele de deconectare de la distanță în caz de avarie în sistemul energetic, pe bază de anunțare prealabilă, urmărindu-se variația curbei de sarcină sau pe bază de programare dinainte stabilită.

Categoriile de utilaje ce se pretează cel mai bine acestui regim de funcționare sînt: cuptoarele de carbid, de feroaliaje, alte cuptoare electrice, morile din fabricile de ciment, pompele de apă, fabricile de oxigen, defibratoarele etc. în măsura în care este asigurată o capacitate suplimentară pentru acoperirea pierderilor de producție, pe bază de acumulare de produse intermediare sau finite. Un rol important în stimularea adaptării unor astfel de soluții revine sistemului corect de tarifare a energiei electrice.

Acumularea de energie hidraulică cu ajutorul centralelor hidroelectrice cu pompare permite producerea de energie electrică în orele de vîrf prin utilizarea apei pompate în orele golului de sarcină.

Acumularea de energie termică pentru a fi utilizată în alte ore în scopuri de încălzire a localurilor, asigurarea cu apă caldă menajeră și industrială și de abur pentru scopuri tehnologice, utilizarea căldurii în agricultură și pentru creșterea animalelor sînt probleme care merită a fi studiate cu atenție.

Prezintă un mare interes studierea proceselor tehnologice pentru a se asigura o repartizare cît mai uniformă a consumului energiei electrice pe luni și trimestre și prin aceasta reducerea necesarului de putere electrică în orele de vîrf.

De asemenea, dezvoltarea consumului de energie electrică în agricultură și uzul casnic trebuie să se facă cu respectarea strictă a unor regimuri raționale de consum, utilizîndu-se pe scară largă sisteme de telecomandă, ceasuri de contact etc. care să asigure o distribuție corectă a sarcinii în timpul zilei.

Reține atenția concluzia ce rezultă din mai multe rapoarte din țările socialiste că atunci, cînd se examinează problema modului de acoperire a vîrfului de sarcină este necesar ca în calculele tehnico-economice să se ia în considerație pe lîngă variantele de construire de noi centrale de vîrf sau de noi centrale de bază și varianta privind economicitatea reducerii vîrfului de sarcină a consumatorilor.

Referatele *grupei C* sînt concentrate în jurul problemelor mai importante de utilizarea rațională a energiei electrice expuse mai jos.

Probleme generale

Dată fiind importanța randamentului mașinilor și celorlalte echipamente, este necesar să se aloce uneori fonduri de investiții pentru modernizarea echipamentului uzat, astfel putîndu-se obține foarte bune rezultate economice (B 11).

Utilizarea motoarelor sincrone constituie una din cele mai bune metode de realizare a unei valori avantajoase pentru factorul de putere (D 17).

În producția industrială, energia electrică intervine atît direct, cît și indirect în prețul de cost. Ea influențează și indirect însă sensibil asupra prețului de cost al producției industriale prin aceia că permite mecanizarea și automatizarea pe scară largă a proceselor industriale.

Electroliza aluminiului

Deși procesul tehnologic a rămas același, între 1900 și 1959 consumul specific de energie electrică a scăzut de la 80 la 15,5 MWh/tona de aluminiu, în urma îmbunătățirilor aduse la (0, 20, 21, 29 și 36):

– instalația de electroliză propriu-zisă, al cărei randament a crescut de la 23 la 89%;

– instalația de redresare a curentului alternativ, unde nu se mai recomandă utilizarea redresoarelor cu contact ci a celor cu semiconductoare sau cu mercur.

Se subliniază necesitatea continuității alimentării cu energie electrică a acestor instalații : o întrerupere mai mare de circa 15 minute și mai des de o dată pe lună poate produce perturbații grave ale procesului cu pierderi mari.

În cazul cînd nu este necesară și reglarea tensiunii se pot obține în aceste instalații pentru cos Φ valori de 0,9—0,93. Tensiunea maximă experimentală și recomandată în aceste instalații din punctul de vedere al NTS : 1 100 V.

Electrotermia pentru producerea oțelului și a carbidului (C 12, 28, 35, 40, D 10)

Se constată că pînă în prezent regimul cuptoarelor electrice a fost stabilit numai în funcție de puterea lor maximă, neținîndu-se seamă și de punctul de funcționare economic energetic, corespunzător consumului specific minim.

Se dau indicații și se recomandă determinarea punctului optim energetic, funcționarea cuptoarelor urmînd să se facă în zona cuprinsă între cele două puncte : de putere maximă și de consum specific minim.

Pentru factorul de putere, se pot obține valori de 0,82—0,86 prin condensatoare statice judicios alese sau utilizînd conductoare de mare intensitate compensate.

La unele procese termice, se încearcă înlocuirea energiei electrice prin gaz, ceea ce permite și reducerea consumului de energie în orele de vîrf (D 10).

Un interes deosebit prezintă preîncălzirea șarjei în faza de topire, în cuptoarele de oțel electric cu ajutorul unor arzătoare de gaz metan cu insuflare de oxigen. S-au citat realizările unor oțelării din Franța la care utilizarea acestei metode a dus la economii de 100 kWh/t oțel și la scurtarea duratei de elaborare a șarjei cu circa 30 min.

Utilizarea energiei electrice în uzul casnic și în agricultură

Un rol important în utilizarea rațională a energiei electrice îl joacă aparatul receptor însuși, care trebuie să fie caracterizat prin :

— randament cît mai bun ;

— manipulare cît mai ușoară grație automatizării sale ;

— suficientă robustețe și securitate în folosire.

În acest scop, multe țări au introdus *aplicarea „semnului de calitate" pe produsele corespunzătoare* (C 3, 10, 37, B 5 și D 14).

Utilizarea rațională a energiei electrice este determinată și de folosirea corespunzătoare de către consumatori a aparatelor receptoare electrice respective. În acest scop, se recomandă *instruirea specială a consumatorilor de energie electrică asupra utilizării diferitelor aparate* (C 10, D 14).

În agricultură, nu toate mașinile agricole trebuie electrificate, spre exemplu : plugurile și secerătorile-treerătorile trebuie să rămînă la acționarea prin motoare cu combustie internă (C 4, 16, 17, 19, 34, 39 și D 18) care prezintă avantaje din punctul de vedere al simplicității și maleabilității.

Iluminatul public

Se menționează tendința de a se îmbunătăți continuu condițiile de iluminare și de a se ridica nivelul acestuia, subliniindu-se avantajele obținute prin introducerea iluminatului cu descărcări în gaze.

În cadrul grupei D, au fost cuprinse problemele privind metodele tehnice, economice și organizatorice pentru utilizarea rațională a energiei electrice de către consumatori.

Aspectele examinate au fost :

Influența tarifelor asupra consumului rațional

Asupra acestei probleme s-au prezentat 8 rapoarte (C 11 și 32, D 6, 7, 9, 20, 24 și 30).

Din unele rapoarte reiese că, pentru a avea o influență pozitivă în alegerea rațională a agentului energetic (energie electrică sau altă formă de energie), este necesar ca tarifele de energie electrică, ca și prețul celorlalte forme de energie, să reflecte cît mai real prețul de revenire al lor, și că și celelalte prețuri (materie primă, semifabricate, produse), trebuie să satisfacă aceeași condiție, în caz contrar alegerea uneia sau alteia din formele de energie nu corespunde intereselor colectivității (D 24, 20).

În ceea ce privește *reglajul curbei de sarcină*, din rapoarte reiese că tarifele binoame cu taxa fixă și prețul energiei variabile funcție de consumul la ora de vîrf, respectiv de perioada de consumație, au o influență foarte accentuată (D 30, 7, 9, C 11). De exemplu (D 30) „tariful verde" al lui Electricité de France a redus după studiul făcut la 1 200 mari consumatori cu 20% contribuția la vîrf a acestora, astfel :

în industria varului și cimentului	cu 45%
în industria siderurgică	cu 28%
în turnătorii și industria constructoare de mașini grele	cu 19%
în industria hîrtiei și cartonului	cu 19%
în pompaje	cu 17%
în industria electrotehnică	cu 11%
în industria rafinării petrolului	cu 9%
în industria metalurgiei neferoase	cu 6%

Din rapoartele D 20, 30, 6, mai rezultă că în unele țări se practică metoda de calcul a prețului de revenire „marginal" și că în Franța tarifele sînt diferențiate și după tensiunea de alimentare a consumatorului, zona

geografică, gradul de asigurare a furniturii de energie.

Din raportul C 32 *rezultă că în privința utilizărilor casnice, nu tariful are rolul preponderent în dezvoltarea acestor utilizări, dar că un tarif de tip binom* (taxa pe cameră și taxa pe energie consumată) *au efecte pozitive, pe cînd tarifele speciale de noapte nu au dat rezultatul scontat în încălzirea electrică a apei calde, ci numai în încălzirea pirn sobe cu acumulare a încăperilor.*

Folosirea telecomenzii centralizate sau a contoarelor cu ceas comutator este tratată în 5 rapoarte, în care se descriu instalațiile folosite (instalații cu frecvență acustică, contactoare, săli de comandă etc. B 9, 2, D 22, 23, 25) și foarte sumar rezultatele obținute în reglarea curbei de sarcină.

Se arată avantajele instalațiilor de telecomandă centralizată față de contoarele cu ceas comutator, între alte avantaje fiind și acelea că se poate dispune branșarea unor aparate în afara orelor normale (dacă se dispune de putere), că instalațiile se pot folosi și pentru alte scopuri (telemecanizări de stații, semnalizări diferite etc.).

De asemenea, din rapoarte rezultă că instalațiile de comandă centralizată, ca și ceasurile de comutare locale, conduc la o eficacitate mai mare decît dacă grija deconectării este lăsată în seama consumatorilor.

Se afirmă că rezultatele economice ale instalațiilor menționate sînt bune și din punctul de vedere economic al întreprinderii distribuitoare de energie electrică.

Folosirea propagandei și învățămîntului ca mijloc de raționalizare a consumului de energie, este tratată în 4 rapoarte (D 3, 4, 29, C 23) și se arată că este un mijloc foarte eficace pentru utilizarea rațională.

În R.F.G. (D 29), deși învățămîntul cuprinde disciplina economiei energetice, se organizează pentru ingineri cursuri de 2—3 zile privind probleme noi pe sectoare de utilizare.

În Italia și Franța s-a constatat că organizarea de servicii de consultație pentru marele public au dat rezultate bune. În Italia, aceste servicii se ocupă și de vînzarea aparatelor electrocasnice și asigură apoi controlul funcționării lor în exploatare. Se organizează de asemenea expoziții demonstrative, conferințe de popularizare inclusiv prin radio, se difuzează gratuit abonaților publicații periodice de asemenea de popularizare.

În Suedia, o societate special organizată editează 5 ziare, trimestriale sau lunare, 4 pentru consumatori (de popularizare, difuzate, cum s-a mai spus, gratuit, de întreprinderile de electricitate) și una de specialitate pentru întreprinderile de electricitate și pentru marii consumatori.

Diverse măsuri organizatorice

În aceste probleme s-au prezentat 11 rapoarte, care, după obiectul lor, se pot grupa astfel:

a. *Controlul și îndrumarea întreprinderilor de către Inspecții energetice.* Astfel de organizații există în U.R.S.S., R.P.U., R.S.C., R.P.P. și R.P.R.

Atribuțiile lor sînt analoage cu cele ale Inspecției energetice din țara noastră: perfecționarea normelor de consum specific, atribuirea de puteri posibile a fi consumate în orele de vîrf de sarcină ale sistemului, determinarea condițiilor de realizat în întreprinderi în vederea reglării curbei de sarcină și a micșorării consumurilor specifice etc.

b. *Diverse* în care se arată necesitatea executării de măsurători corecte de către întreprinderile consumatoare, în vederea identificării deficiențelor, metoda de calcul a pierderilor rezultînd în întreprinderile consumatoare din cauza livrării insuficiente de energie și putere etc.

ACTIVITATEA DELEGAȚIEI NOASTRE LA LUCRĂRILE SIMPOZIONULUI

La ședința din după amiaza zilei de 23 mai ing. *B. Marcu* a luat loc la masa prezidiului în calitate de vicepreședinte.

În cursul dezbaterilor au avut loc următoarele intervenții ale delegației noastre:

— ing. *B. Marcu* — în legătură cu studii făcute în R.P.R. pentru reducerea vîrfului de sarcină prin sporirea capacității de producție a unor instalații mari consumatoare de energie electrică astfel, încît să permită oprirea parțială sau totală în orele de vîrf de sarcină;

— ing. *N. Moldoveanu* — despre aspecte ale activității ce se duce de Inspecția energetică din M.M.E.E. pentru asigurarea utilizării raționale a energiei electrice;

— ing. *Ghe. Popescu* — despre utilizarea motoarelor sincrone în acționările electrice din rafinăriile petroliere.

De asemenea ing. *M. Petcu* de la Institutul de energetică a comunicat despre studiul făcut referitor la determinarea daunelor cauzate de întreruperile în alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali.

Intervențiile romînești au fost primite cu interes de participanți, provocînd aprecieri favorabile din partea reprezentanților mai multor delegații.

La cererea prof. *H. F. Müller* de la Institutul de cercetări pentru utilizarea rațională a energiei din Karlsruhe — R.F.G. a avut loc o întîlnire a acestuia cu delegații din U.R.S.S., R.S.C., R.P.R., R.D.G. și R.P.P. pentru a avea un schimb de vederi în problema normării consumurilor de energie. În declarațiile făcute de prof. *H. F. Müller* se arată că este cunoscut faptul că în țările socialiste se lucrează

de mult și foarte serios în materie de normare a consumurilor de energie.

Împreună cu *G. V. Serbinovski* (U.R.S.S.), *Cameron-Brown* (Anglia) și *A. Hofbauer* (Austria), ing. *B. Marcu* R.P.R. a răspuns în cadrul unui interviu luat de Oficiul de presă al O.N.U. la întrebările privind interesul pe care-l prezintă lucrările simpozionului pentru participanți.

Conținutul referatelor trimise de R.P.R. a reținut atenția raportorilor generali, care le-au amintit în rapoartele prezentate.

În timpul excursiei ce a urmat lucrărilor simpozionului au fost vizitate:

Mina și Combinatul de sulf de la Tarnobizeg (*Baranow*). Exploatarea se face la suprafață, minereul are un conținut de circa 18—35%. Zăcămintele sînt evaluate la circa 100 000 000 t sulf pur; se fac pregătiri pentru o producție de $1{,}5 \times 10^6$ t/an sulf pur.

În prezent uzina produce sulf, acid sulfuric și superfosfat praf; în curînd vor intra în fabricație secțiile de superfosfat granulat și săruri de fluor.

S-a prevăzut să se producă acid fosforic, superfosfat dublu și săruri fosforice.

Căldura obținută prin arderea sulfului în vederea producției de acid sulfuric este recuperată pentru producerea de abur într-un cazan, care lucrează în paralel cu cele 3 cazane, 40 at din centrala electrică. În centrală sînt instalate 2 grupuri 6 MW, turbinele avînd priză intermediară pentru aburul tehnologic. Centrala și întregul combinat sînt legate la sistem printr-o stație 110/6 kV.

Pe teritoriul minei, energia electrică este distribuită aerian la 35 kV pînă la posturi coborîtoare de șantier, iar de aici prin cabluri de cauciuc suspendate pe suporți metalici distribuită la diferiți consumatori la 380 V.

Combinatul chimic de la Tarnow cuprinde următoarele secții principale: amoniac, clor gazos, caprolactam, formalină. Au fost vizitate secțiile de amoniac și clor, secții care consumă 41,7% respectiv 16,8% din totalul energiei electrice consumate de combinat. Între 1958 și 1961, creșterea consumului a fost de 13,5%/an, iar consumul specific pentru producerea energiei electrice între 1958 și 1962 a scăzut de la 505,1 la 388,3 kg c.c./kWh. Combinatul este dotat cu două centrale termoelectrice, care debitează energia electrică în sistem ziua în orele de vîrf, iar noaptea sînt încărcate sub sarcina combinatului, acesta primind energia din sistem. Este de remarcat interesul combinatului de a livra energie în orele de vîrf datorită tarifului ridicat cu care se vinde energia de vîrf sistemului.

Energia achiziționată în orele golului de noapte se plătește la un tarif scăzut.

La combinatul Nowa-Huta au fost vizitate: furnalul de 1 700 m³ și secția laminoare. În cadrul secției laminoare funcționează o foarte modernă instalație de zincare continuă a tablei.

De asemenea a fost vizitat *punctul central de dispecer al sistemului energetic al R.P.P.* Din explicațiile primite a rezultat că sistemul energetic a fost judicios dezvoltat. Rețelele electrice de 110 kV multiplu buclate asigură o bună alimentare cu energie electrică a tuturor centrelor importante. Peste rețeaua de 110 kV este suprapusă o rețea de 220 kV avînd o importantă capacitate de transport.

Cu ocazia vizitării punctului central de dispecer s-a putut constata, pe bază de grafice comparative efectul introducerii orei de vară în R.P.P. Sarcina totală a sistemului a scăzut de la 5 400 MW la circa 5 000 MW.

CONCLUZII ȘI PROPUNERI

— Lucrările simpozionului și discuțiile purtate au confirmat justețea orientării adoptate în R.P.R. într-o serie de probleme importante ale utilizării energiei electrice și în special în problema reducerii vîrfului de sarcină.

Trebuie reținute unele probleme ce merită a fi studiate sau incluse ca puncte directoare în rezolvarea problemelor de utilizarea rațională a energiei electrice la noi.

— Studierea ca o variantă obligatorie a măsurilor de reducere a vîrfului de sarcină la consumatori, în comparație cu variantele de construire de centrale electrice de bază sau de vîrf.

— Experimentarea funcționării cuptoarelor de carbid cu oprire în orele de vîrf de sarcină, pentru elaborarea unui regim tehnologic care să asigure o influență minimă asupra calității produsului.

— Studierea funcționării cu opriri sau reduceri de sarcină de vîrf a cuptoarelor de feroaliaje, oțel electric, instalațiilor de electroliză.

— Extinderea în continuare a utilizării motoarelor sincrone începînd cu puterea de 100 kW, chiar pentru antrenarea mecanismelor cu condiții grele de pornire, în care scop este necesară fabricarea curentă a întregii game de motoare sincrone, și perfecționarea și punerea în fabricație curentă a instalațiilor de pornire automată necesare pentru motoarele sincrone.

— Întocmirea de studii în vederea stabilirii echipamentelor electrice vechi ajunse la un grad instalat de uzură pentru a fi înlocuite.

— Efectuarea de studii pentru stabilirea măsurilor în vederea îmbunătățirii funcționării (din punct de vedere energetic) cuptoarelor cu arc.

— Determinarea punctului de funcționare cu consum specific minim de energie și a punctului de funcționare cu randament maxim — funcționarea cuptorului trebuie să aibă loc în zona cuprinsă între cele două puncte.

— Folosirea gazului metan și a insuflării de oxigen pentru preîncălzirea șarjei în cuptoarele pentru elaborarea oțelului în scopul reducerii consumului de energie electrică sau combustibil.

— Îmbunătățirea factorului de putere prin utilizarea de conductoare de mare intensitate compensate.

— Legarea cuptoarelor direct la rețeaua cu tensiunea cea mai mare accesibilă, în scopul reducerii variațiilor de tensiune, ce ar dăuna altor consumatori.

— Organizarea unui control permanent și eficace asupra producerii receptoarelor electrice și introducerea „semnului de calitate", în scopul asigurării unei calități superioare din punctul de vedere al randamentului, robusteței (rezistenței mecanice) și securității pe care o oferă celui ce îl folosește.

— Extinderea utilizării corpurilor de iluminat cu descărcare în locul celor cu incandescență, ceea ce va permite ridicarea nivelului de iluminație artificială, fără o creștere mare a consumului. În acest scop, este necesară completarea sortimentelor de corpuri și armături de iluminat aflate în prezent în fabricație și revederea normelor de iluminat artificial în vigoare.

— Diferențierea tarifelor pe tensiuni de alimentare și stabilirea cuantumului taxei fixe din tariful binom funcție de raportul între puterea maximă absorbită de un consumator și puterea cu care el intervine în formarea vîrfului sistemului.

— Introducerea telecomenzii centralizate pentru controlul sarcinii anumitor categorii de receptoare electrice, conectarea și deconectarea acestora și a contoarelor.

— Organizarea de servicii de propagandă și îndrumare în domeniul utilizării energiei electrice, servicii care să asigure și furnizarea de aparate electrocasnice și întreținerea lor în timpul exploatării.

— Organizarea de cursuri periodice, de scurtă durată în vederea ținerii la curent în problemele de utilizare rațională a energiei pentru inginerii din întreprinderile industriale.

— Întărirea Inspecției energetice, pentru a-și putea dezvolta funcțiile de îndrumare și control a utilizării raționale a energiei pe măsura necesităților.

Trebuie subliniată utilitatea contractelor între ingineri și tehnicieni din diferite țări și folosul deosebit ce ar putea să rezulte dintr-o cunoaștere mai apropiată a punctelor de vedere și al realizărilor obținute în problemele care s-a dovedit că preocupau pe toți participanții.

Este semnificativ faptul că preocupările țărilor socialiste pentru utilizarea rațională a energiei electrice au fost marcate și de cele 44 intervenții la discuții din 77 cîte au avut loc în total.

Energeticienii polonezi au avut o participare foarte activă la discuții.

Din partea gazdelor s-au creat condițiile necesare pentru buna desfășurare a lucrărilor simpozionului.

Ing. **B. Marcu**, ing **N. Moldoveanu**, ing. **Gh. Popescu**

Scurtă prezentare a rapoartelor principale

În cele ce urmează se expun, pe scurt, unele probleme subliniate în rapoartele prezentate.

În raportul B 6 „*Analiza curbelor de sarcină ca bază pentru studiul raționalizării cererii consumatorilor casnici*" autor *T. Gelzomini* — Italia se analizează studii întocmite de grupul Edison asupra influenței extinderii utilizării boilerelor și bucătăriilor electrice asupra formei curbei de sarcină a consumatorilor casnici. Se folosesc metode statistice și contoare cu înregistrarea indicațiilor pe bandă magnetică la 15 sau 30 min și un aparat central pentru descifrarea și înscrierea rezultatelor în fișe. Din concluziile puse rezultă avantajele importante ale analizei sistematice a curbei de sarcină.

Raportul C 8 „*Măsuri pentru aplatisarea sarcinii și a producției într-un sistem energetic compus din centrale hidro- și termoelectrice*" de *U. Glymstedt* și *J. E. Rymen* — Suedia tratează această problemă din punct de vedere specific unui sistem energetic în care predomină centralele hidroelectrice.

Pe lîngă utilizarea capacităților de acumulare de energie hidraulică și furnizarea excedentului de energie vara se încurajează producerea combinată de căldură și energie electrică și încălzirea localurilor în orele golului de sarcină.

Raportul B 22 „*Centrale hidroelectrice cu acumulare și pompaj într-o țară în care predomină energia hidroelectrică*" de *B. Nordström, Th. Berglund* și *N. Holmin* — Suedia arată că în condițiile Suediei centralele hidroelectrice cu acumulare și pompaj vor putea avea o utilizare economică numai în măsura în care va descrește ponderea centralelor hidroelectrice (apropiată în prezent de 100%) în acoperirea vîrfului de sarcină.

Raportul B 20 „*Producerea combinată de căldură și energie electrică în instalațiile cu turbine cu gaze*" de *B. Sazonov* — U.R.S.S. subli-

niază avantajele multiple ale folosirii turbinelor cu gaze pentru producerea combinată de energie termică și electrică.

Raportul B 15 „*Urmărirea în R.S.C. a factorilor ce influențează forma curbelor de sarcină electrică*" de *G. B. Groch* subliniază importanța ce revine coeficienților ce definesc variația sarcinii diferitelor categorii de consumatori și ramuri industriale în executarea studiilor asupra influenței numărului de schimburi, a scurtării zilei de lucru etc.

În problema reducerii vîrfului de sarcină au fost prezentate 11 rapoarte în care se analizează în detaliu puncte de vedere și experiența foarte importantă pentru toate țările referitoare la oprirea furnizării energiei electrice marilor consumatori.

Raportul B 24 „*Influența exercitată de condițiile rețelei electrice asupra exploatării și dezvoltării uzinelor electrometalurgice și etectrochimice*" de *H. Pozar* — R.P.F.J. descrie criteriile ce permit alegerea variantei optime și subliniază economicitatea reducerii sarcinii sau chiar a opririi totale a unor mari consumatori de energie electrică în locul construcției unei centrale electrice.

Raportul B 12 „*Folosirea în diverse ramuri industriale a limitării sarcinii de vîrf cu ajutorul consumatorilor*" de *L. Palfy* — R.P.U. se ocupă de mijloacele de sporire a consumului unor secții sau întreprinderi în afara orelor de vîrf și de pierderile provocate de întreruperea furniturii de energie electrică. Se exemplifică prin examinarea cuptoarelor metalurgice, a fabricilor de ciment, morilor de cereale, fabricilor de celuloză și instalațiilor frigorifice.

Raportul B 13 „*Metode și rezultate ale planificării energiei electrice în R.P.U.*" de *K. Ignatz* citează reducerea sarcinii de vîrf de circa 100 MW obținută și mijloacele de control utilizate.

Raportul B 17 „*Economicitatea și oportunitatea deconectării de mari consumatori de energie electrică în perioadele vîrfului de sarcină și metodele de transferare a consumului în perioadele de sarcină redusă*" de *G. Almers* și *H. Grosskopf* — R.D.G. subliniază că se obțin importante economii de investiții prin reducerea vîrfului de sarcină la pomparea apei în oțelării, la producerea carbidului, în uzinele de îngrășăminte azotoase și la producerea feroaliajelor.

Prin efectuarea de investiții suplimentare la consumatori pentru compensarea pierderilor de producție, în R.D.G. se obține o reducere de 300 MW.

Raportul B 26 „*Probleme tehnice ale reglajului curbei de sarcină*" de *B. Marcu* — R.P.R. demonstrează pe baza studiilor făcute rentabilitatea mai ridicată a reducerii sarcinii de vîrf, decît a construirii de centrale electrice. Se citează cazurile instalațiilor de cracare electrică a gazului metan, morilor de ciment, cuptoarelor de carbid și metalurgice, pomparea apei, a produselor petroliere, instalațiile frigorifice, producerea aerului comprimat etc. Se subliniază de asemenea importanța alegerii unui sistem judicios de tarifare a energiei electrice și de telecomandă a consumatorilor ce se pretează funcționării pe bază de program.

Raportul B 14 „*Utilizarea marilor consumatori electrotermici pentru reglarea sarcinii sistemului electroenergetic*" de *B. Tittenbrum* și *R. Nowakowski* — R.P.P. arată că în Polonia diferite tipuri de cuptoare electrice consumă 8% din energia electrică produsă. Autorii ajung la concluzia că unele tipuri de cuptoare sînt oportun a fi oprite complet pe bază de program prealabil. Durata anuală a opririi ar atinge 1 300 h.

Raportul B 8 „*Telecontrolul consumului unor categorii de consumatori de energie electrică și reducerea automată a sarcinii rețelei*" de *H. Jackson* și *R. F. Charles* — Anglia insistă asupra avantajelor prezentate de oprirea consumatorilor de la un centru de comandă. Controlul unei sarcini de 2 000 MW timp de 40 pînă la 100 jumătăți de oră și controlul pe o perioadă mai scurtă a unor consumuri mai mici duc la economii importante. Se prezintă un tip de instalații de telecomandă centralizată propus de oțelăria din Sheffield, care permite dispecerului de rețele să reducă pe timp de 2 h consecutive, dar nu mai mult de 50 h pe an sarcina de la 150 la 70 MW. În alt caz, pornind de la previziunile pe termen scurt dispecerul dispune consumatorului să oprească începînd din ziua următoare pe o perioadă de control de 90 zile.

Opririle și restricțiile de consum sînt de scurtă durată și nu necesită efectuarea de investiții suplimentare la consumatori.

Raportul B 16 „*Posibilitățile de reducere a sarcinii de vîrf a sistemului prin reducerea puterii absorbite de unii mari consumatori de energie electrică*" de *L. Reiss* — R.S.C. se ocupă de problema reducerii sarcinii cuptoarelor electrice și prezintă o metodă de reducere folosită în R.S.C.

Raportul B 1 „*Considerații tehnico-economice privind oprirea temporară a alimentării cu energie electrică a cuptoarelor de carbid pentru reducerea sarcinii de vîrf*" de *A. M. Angelini* — Italia expune rezultatele încercărilor efectuate într-o uzină chimică din Italia în reducerea sarcinii și în oprirea totală a cuptoarelor de carbid, subliniind avantajele aplicării acestei metode.

Raportul B 4 „*Contribuția uzinelor ce produc carbid și feroaliaje la limitarea sarcinii de vîrf, importanța economică a opririi agregatelor importante*" de *F. Trocmé* — Franța comunică rezultatele favorabile obținute în oprirea completă în orele de vîrf a cuptoarelor de carbid și despre unele rezultate obținute la

cuptoarele de feromangan, silicomangan și nichel. Se subliniază necesitatea continuării cercetărilor și pentru alte feroaliaje.

Raportul C 2 *„Rezultatele experimentale pentru raționalizarea utilizării energiei electrice la elaborarea oțelului în cuptoare electrice"* de *M. A. Levi, R. Cardano* și *P. Leopardi* — Italia comunică despre reducerea cu 13 % a sarcinii datorită unui regim de funcționare studiat al marilor cuptoare electrice. Prin introducerea de măsuri tehnico-organizatorice s-au redus cu circa 30% cheltuielile cu energia electrică consumată pe tona de oțel produs. Oprirea completă a cuptoarelor s-a proiectat numai în cazuri de urgență.

Un număr de 5 rapoarte se ocupă de problema *acumulării de căldură* :

Raportul B 10 *„Posibilitățile de extindere a sistemului de încălzire urbană prin acumularea de căldură"* de *J. Filipowicz* R.P.P.

Raportul B 19 *„Evaluarea posibilităților de încălzire prin convecție de la o rețea normală de alimentare cu energie electrică"* de *P. Börotelmann* — R.F.G. apreciază la 4—9% numărul de locuințe ce ar trebui încălzite electric pentru a se obține umplerea golului de sarcină noaptea pe sistemul interconectat al R.F.G. sau pe sistemele regionale.

Raportul B 7 *„Sporirea încărcării în orele golului de sarcină prin încălzirea încăperilor cu căldură acumulată"* de *E. Bates* — Anglia arată că în Anglia sistemul cel mai răspîndit este al încălzirii electrice prin podele.

Raportul B 2 *„Comanda de la distanță a consumului de energie electrică pentru încălzit în micile orașe din Suedia"* de *S. Wadstein* — Suedia exemplifică creșterea importantă a consumului pentru prepararea apei calde și încălzitul încăperilor într-un mic oraș suedez în orele de noapte, după înlocuirea ceasurilor de contact cu un sistem de telecomandă la frecvența de 725 Hz.

Raportul B 25 *„Experiența de exploatare a cuptoarelor electrice ale fabricilor de pîine"* de *G. Welter* tratează despre calitățile tehnico-economice ale cuptoarelor electrice cu încălzire prin acumulare și circulația forțată a aerului cald. Aceste cuptoare funcționează în afara orelor de vîrf și consumă 0,48 kWh/kg pîine.

De problema *excedentului de energie electrică* se ocupă rapoartele : D 6 *„Furnitura parțial garantată de energie și utilizarea producției excedentare"* de *H. Fournier* — Franța și B 3 *„Utilizarea boilerelor electrice de abur și apă caldă pentru consumarea excedentului de energie"* de *L. Parke* — Suedia.

Grupele C au cuprins 41 referate, repartizate astfel :

— Grupa C I 23 referate ;
— Grupa C II 18 referate.

Referatele făcînd parte din Grupa C I se referă în special la *utilizarea rațională a energiei electrice în industria grea.* Întreprinderile din cadrul industriei grele au întreprins cercetări și au studiat metode și măsuri menite să conducă la o utilizare mai rațională a energiei electrice.

Din rapoartele O.N.U. rezultă că în 1960, cota din consumul total de energie electrică în diversele țări ale Europei, ce a revenit industriei, variază între 30 și 70%, unde industria chimică reprezintă 20—30%.

Printre referatele avînd un caracter general în această grupă, remarcabil se dovedește referatul tov. *G. V. Serbinovski* (D 17 — U.R.S.S.), care face o trecere în revistă a realizărilor sovietice în *utilizarea rațională a energiei electrice prin îmbunătățirea factorului de putere.*

În referat se arată, că pe întreaga Uniune Sovietică s-a realizat un cos $\Phi = 0{,}912$ în 1960, obținut prin :

— alegerea și exploatarea judicioasă a aparatelor electrice în industrie ;

— utilizarea pe scară largă a motoarelor sincrone cu puteri unitare începînd cu 100 kW, chiar și în cazuri de condiții grele de demaraj, grație îmbunătățirilor aduse dispozitivelor de pornire automată ;

— considerarea și a cheltuielilor aferente grupurilor de condensatoare necesare compensării factorului de putere la motoarele asincrone, atunci cînd se compară soluțiile : motor sincron și motor asincron + condensatoare ;

— utilizarea metodei echivalentului energetic $k_e = \left(\frac{kW}{kvar}\right)$ la stabilirea valorii cos Φ compensat ;

— tarife prevăzînd bonificații și penalizări pentru consumatori, în funcție de valoarea cos Φ realizat.

Referatul C 38 dă o *metodă simplificată pentru stabilirea puterii transformatoarelor de alimentare a întreprinderilor industriale pe criterii economice* (prețul transformatoarelor și al pierderilor).

Referatul C 25 subliniază *influența indirectă dar sensibilă pe care energia electrică o are asupra prețului de cost al producției industriale,* prin faptul că permite mecanizarea și automatizarea pe scară largă a proceselor industriale.

Referatul B 11 leagă problema *utilizării raționale a energiei electrice de investiții* și anume arată că în multe cazuri, investițiile alocate pentru modernizări de echipament etc. se dovedesc o metodă mult mai eficace decît metodele obișnuite de reducere a pierderilor în instalații.

O problemă amplu dezvoltată este aceea a *utilizării energiei electrice în procesele de electroliza aluminiului* (referatele C 20, 21, 29 și 36).

Importanța acestei probleme se evidențiază prin aceea că:

— în acest proces de producție, energia electrică poate reprezenta pînă la 40% din prețul de cost total pentru aluminiu;

— se întrevede pentru viitor o creștere mare în continuare a producției de aluminiu prin procedee electrolitice, iar rezultatele de pînă acum arată încă vaste posibilități de îmbunătățire în acest domeniu (între anii 1 900 și 1959, consumul specific a scăzut de la 80 la 15,5 MWh/t, deși procesul tehnologic a rămas practic neschimbat).

Ca factori importanți în legătură cu aceasta se consideră a fi:

— creșterea randamentului instalațiilor de electroliză (de la 23 la 89% în ultimii 40 ani);

— randamentul instalațiilor de redresare a curentului alternativ în curent continuu (se recomandă redresoarele cu semiconductoare, iar în al doilea rînd — cele cu mercur, în locul celor cu contact);

— căderea de tensiune pe electrozi a scăzut de la 7—8 V la 4,2—4,4 V.

În ceea ce privește desfășurarea procesului propriu-zis, se atrage în mod special atenția asupra fenomenului de „efect anodic", care trebuie înlăturat (indicîndu-se căile încercate în acest scop) și asupra menținerii unei temperaturi cît mai constante în timpul procesului.

Referatele menționează că în astfel de instalații se pot obține pentru cos Φ valori de 0,9—0,93, în cazul cînd nu se cere și reglajul tensiunii.

În același timp, se subliniază că întreruperi în alimentare mai mari de 15 minute aduc perturbații ale procesului cu pierderi considerabile pe mai multe zile.

Electrotermia pentru producerea oțelului este tratată în referatele C 28, 35 și 40, iar cea pentru obținerea carbidului în C 12. În referat (C 28) se evidențiază faptul că pînă acum cuptoarele electrice au fost studiate numai în scopul stabilirii puterii lor maxime însă nu și din punct de vedere energetic, întrucît nu a putut fi, pînă în prezent, stabilită o serie de mărimi pentru diverse pierderi. Se recomandă studii în această privință și funcționarea cuptoarelor într-o zonă cuprinsă între punctul de putere maximă și punctul economic energetic. Referatul (C 28) dă și unele indicații în privința unei metode simplificate de măsurători în acest scop.

Factorul de putere posibil de obținut se apreciază (C 35) la 0,82—0,86 pentru cuptoare — pe două căi:

— condensatoare statice judicios alese;

— utilizarea de conductoare bifilare compensate de mare intensitate.

Ținînd seama de puternica influență reciprocă între cuptoare și rețea din punctul de vedere al variațiilor de tensiune în scopul îmbunătățirii stabilității se recomandă legarea cuptoarelor mari direct la rețele de cît mai mare tensiune.

Referatul D 10 evidențiază *tendința din ultima vreme de a înlocui energia electrică prin gaze în procesele tehnice industriale.*

Referatul analizează sumar diferitele tipuri de încălzire electrică (prin rezistență, radiații infraroșii, inducție, arc electric, și pierderi dielectrice) și examinează pe cele în care încălzirea cu gaze ar putea fi aplicată. Printre altele, citează exemplul realizat în Franța, unde șarja cuptoarelor cu arc a putut fi încălzită cu gaze pînă la temperatura de circa 800°C, fapt ce ar putea fi folosit pentru reducerea consumului de energie electrică la vîrfuri.

În același timp, tot în ultima vreme, *în industria chimică se constată* (C 18) *tendința ca energia electrică să ia locul apei calde și aburului în procesul tehnologic propriu-zis* și să intervină în tot mai mare măsură la mecanizare și automatizare.

Referatul C 14 subliniază *rivalitatea dintre energia electrică și aerul comprimat pentru comenzi și acționări în industria minieră de cărbune.* Referenții apreciază că grație perfecționării continue a aparatajului electric în scopul măririi siguranței de funcționare în subteran, energia electrică va obține o utilizare și mai largă.

Utilizarea energiei electrice în siderurgie este prezentată în două referate și anume C 24 și C 33. Referatele subliniază importanța tehnologiei în modificarea indicilor de consum; se recomandă stabilirea unor indici internaționali de consum de energie în funcție de diferitele procese tehnologice și de asemenea se evidențiază oportunitatea normării consumului specific prin introducerea normelor tehnice de consum.

Referatul C 15 remarcă *creșterea consumului de energie electrică pentru sudura electrică în urma dezvoltării mari pe care a luat-o acest proces,* mai ales prin introducerea sudurii automate și semiautomate. Din aceasta rezultă necesitatea măririi eficacității procedeului de sudură electrică.

Date privind *raționalizarea consumurilor de energie electrică într-o uzină de automobile* se găsesc în referatul C 27, care indică în detaliu modul de urmărire a utilizării energiei electrice în toate secțiile uzinei respective și pe toate fazele de fabricație.

Referatele din grupa C II evidențiază *diferite aspecte tehnice în legătură cu consumatorii neindustriali de energie electrică* și două probleme fundamentale de ordin economic și anume:

— *sfera utilizării energiei electrice și concurența pe care ea o face celorlalte forme de energie;*

— *nivelul tehnic de fabricație a aparatelor consumatoare de energie electrică.*

După tipul de consumatori neindustriali la care se referă, referatele prezentate în cadrul grupei C II se împart astfel:

10 referate consacrate consumului menajer
7 referate consacrate consumului în agricultură
1 referat consacrat consumului pentru iluminatul public.

În cadrul consumului menajer, ponderea cea mai mare o are consumul pentru încălzire și climatizare, în ordine urmînd consumul pentru încălzirea apei (în scopuri domestice), cel pentru pregătirea mesei și în fine consumul pentru iluminat și mică forță motrică etc. Referatele (C 3, C 22 și B 5) subliniază *dependența acestor consumuri de climă, situația geografică și disponibilitățile de resurse energetice primare ale fiecărei țări* ceea ce determină rezultate și criterii foarte diferite de la o țară la alta. Astfel, se remarcă faptul că țările cu bogate resurse hidroenergetice au, în general, cel mai dezvoltat consum menajer de energie electrică.

Un alt factor care influențează consumul menajer este reprezentat de situația *economică și exigențele consumatorului în domeniul confortului*. Astfel, în funcție de venituri, deci de situația sa economică, un consumator se va limita la nevoile indispensabile vieții (încălzire, iluminat, prepararea mîncării), va uza de mijloace care să-i ușureze viața (frigidere, mașini de spălat etc.) și va beneficia și de mijloace care să-i facă viața mai plăcută (radio, televiziune, aparate de climatizare etc.). În legătură cu situația economică a consumatorului, trebuie avut în vedere că intervin doi factori și anume atît *tariful energiei electrice cît și prețul de cumpărare al aparatelor electroreceptoare* (C 3, 10, 22, 30, 37).

La stabilirea valorii consumului de energie electrică și pentru raționalizarea acestuia, un rol important îl joacă aparatul receptor, căruia la alegere în afara unui preț de cumpărare cît mai scăzut, i se mai pun trei condiții și anume:

— un randament cît mai bun;

— o manipulare cît mai ușoară, prin automatizarea sa parțială;

— o suficientă robustețe și securitate în folosire.

Pentru realizarea ultimelor trei condiții, în multe țări s-a introdus aplicarea *„semnului de calitate" pe aparatele corespunzătoare* (C 3, 10, 37, B 5 și D 14).

Se citează ca exemplu, *progresul realizat în scăderea consumului menajer de energie electrică prin folosirea frigiderelor cu compresor în locul celor cu absorbție* (C 3), iar în *scăderea consumului de energie electrică pentru iluminatul public, introducerea corpurilor de iluminat fluorescent în locul celor de iluminat incandescent* (C 5).

În plus, unele referate (C 10, D 14) recomandă *instruirea specială a consumatorilor casnici de energie electrică* asupra utilizării diferitelor aparate, în scopul utilizării lor raționale.

În sectorul agricol, electricitatea a pătruns prin iluminatul electric, căruia i-au urmat aparatele de radio și alte aparate mici receptoare de uz domestic, încălzirea electrică, iar în multe țări, electrificarea rurală a cuprins și toate mașinile pentru efectuarea muncilor agricole. Din experiența acestora se constată că, în realitate, nu trebuie electrificate toate mașinile agricole și unele, ca plugurile și secerătorile-treerătoare, trebuie să rămînă în continuare la acționarea prin motor cu combustie care este mult mai simplu și mai ușor de manevrat. Unele din aceste țări au și revenit — pentru aceste mașini — la motoarele cu combustie internă (C 4, 16, 17, 19, 34, 39 și D 18).

Electrificarea rurală mai are avantajul că permite mecanizarea pe scară mare a multor munci agricole, prin aceasta economisindu-se munca omenească și în același timp eliberîndu-se mîna de lucru suplimentară devenită necesară ca urmare a progresului industrializării (C 16, 19 și D 18).

Grupa D de rapoarte s-a referit la *metodele tehnice, economice și organizatorice aplicate în scopul unor utilizări raționale a energiei electrice de către consumatori*. În aceste probleme s-au prezentat 39 referate (din care: 5 referate incluse inițial în grupa B și 4 referate incluse inițial în grupa C). Rapoartele prezentate se referă la problemele tarifare, telecomanda instalațiilor consumatorilor, folosirea propagandei și învățămîntului, organizarea serviciilor de control și inspecție la consumatori, planificarea consumului și regimului de consum, metode pentru dezvoltarea consumului, calculul efectelor limitărilor de consum, precum și efectul adoptării orii de vară.

În problemele tarifare s-au prezentat 9 rapoarte.

Din acestea 3 rapoarte (D 6, 20, 30) dezvoltă *principiile de tarifare aplicate de Electricité de France în cadrul „tarifului verde"* iar un referat (C 11) se referă la *rezultatele acestor tarife asupra reducerii vîrfurilor în industria cimentului din Franța*. Din aceste rapoarte rezultă că, pentru ca tariful să joace efectiv un rol rațional în alegerea agentului energetic și în reglajul curbei de sarcină, este necesar ca el să fie bazat pe prețul de revenire al energiei electrice și totodată toate celelalte prețuri (ale altor agenți energetici ca și ale materiilor prime, materiale etc. care intră în costul producției industriale) să aibă aceeași bază (aceeași concluzie se degajă și din raportul D 24 *Leskovar* — R.P.F.J.). Se arată de asemenea că în Franța principiul de stabilire al tarifului este acel al prețului de revenire

„marginal" (adică al prețului de revenire care rezultă prin creșterea puterii cerute sistemului datorită majorării sarcinii unui consumator existent sau apariției unui nou consumator), aplicat la curba deformată în urma efectului tarifului. Tarifele în Franța sînt diferențiate pe regiuni, tensiuni, sezon și ore de consum, pornind tocmai de la principiul calculului marginal. În cadrul „tarifului verde" există un tarif general și mai multe tarife speciale. Tariful general este de tip binom, cu taxă fixă anuală pe puterea contractată unică pentru toți consumatorii, taxă la care se acordă reduceri în funcție de procentul de scădere contractată a puterii în orele de vîrf ale sistemului față de puterea maximă absorbită de consumatori. Taxa pe kWh este variabilă în funcție de regiune, sezon, ora de consumație și tensiunea de alimentare. În alternativă cu tariful general, se oferă consumatorilor tarife speciale în cazuri de caracteristici speciale ale consumului, cum sînt : o durată de utilizare foarte mare, o durată foarte mică, consumație pentru autoproducători în completarea producției lor proprii, consumație pentru autoproducători în caz de avarii în instalațiile lor de producere, livrare de energie numai parțial garantată și furnizare de energie excedentară în sistem. În ceea ce privește tariful de utilizare pentru durate foarte mari, cuprinde o taxă de putere variabilă după regiuni și tensiunea de alimentare mai mare decît taxa fixă din tariful general (pe motivul siguranței absolute în continuitatea alimentării de care au nevoie acești consumatori), taxa pe kWh fiind mai redusă decît în cadrul tarifului general. La acest tarif, pentru durate foarte mari de utilizare, taxa fixă, ca și în cadrul tarifului general, se reduce în funcție de procentul de reducere a puterii contractate pentru orele de vîrf față de puterea maximă absorbită (contractată) de consumatori. Celelalte tipuri de tarife speciale nu pot avea aplicație în R.P.R. și de aceea nu mai dăm detalii asupra lor. Raportul D 30 arată că aplicarea tarifului verde a dus la rezultate favorabile prin reducerea puterii la vîrf și chiar în orele pline, însă rezultatele nu pot fi stabilite numeric ; pe un ansamblu de 1 200 mari consumatori, puterea în orele de vîrf a fost redusă în medie cu 20%.

În raportul D 9 (*G. Revai* și *B. Janosi* — R.P.U.) se arată că *tariful într-o țară cu o economie planificată nu influențează marii consumatori asupra alegerii agentului energetic ci numai asupra reglajului curbei de sarcină*, pe cînd la consumatorii casnici tariful influențează atît asupra dezvoltării consumului de energie electrică cît și asupra reglajului. Raportul arată în continuare tarifele aplicate în R.P.U. și anume : pentru industria mare consumatoare se aplică tarif binom cu taxă de putere anuală stabilită după vîrful maxim aprobat consumatorului pentru iarnă (taxa fiind degresivă în funcție de putere pentru a ține seamă de scăderea costurilor cînd alimentarea se face la tensiuni mai ridicate, deci cînd se absorb puteri mai mari) ; pentru uzul casnic se aplică tarife pe tranșe, mărimea tranșei I fiind independentă de numărul camerelor și constantă pentru toate lunile anului dar variabilă în funcție de categoria localităților (trei categorii de localități) prețul energiei fiind și el variabil după categoria localității (și anume : cu atît mai mare cu cît este vorba de localități mai puțin importante) ; pentru micii consumatori industriali, școli și spitale se aplică tarif monom dar cu preț dublu pentru energia consumată în orele de vîrf ale sistemului ; pentru iluminatul public și al vitrinelor, iluminatul autorităților, în agricultură etc. se aplică tarife monome simple. În referat se mai arată și tariful aplicat din 1962 pentru livrarea de căldură din centralele de termoficare ; el este variabil de la centrală la centrală și este funcție de presiunea la care aburul este extras din turbină, nu numai de entalpie. El are caracter binom.

În raportul C 32 (*W. Strahringer* — R.F.G.) se studiază *variația consumului de energie electrică în funcție de tarif, profesii, număr de camere/apartament, număr de persoane/familie, la consumatorii casnici* din R.F.G. ajungîndu-se la următoarele concluzii :

— creșterea standardului de viață și al venitului consumatorilor, la tarif constant, este cea mai importantă cauză a creșterii consumului de energie electrică în uzul casnic ;

— o creștere a consumului de energie electrică nu poate fi atinsă fără aplicații eficiente și ieftine, fără propagandă și o atitudine prietenească a distribuitorului de energie electrică față de consumator ;

— consumul de energie electrică pentru uzul casnic depinde de foarte mulți factori, printre care este și tariful dar acesta nu este întotdeauna cel mai important factor ;

— tarifele cu taxă fixă pe cameră și preț pentru energia consumată au un bun efect asupra dezvoltării consumului, în special cînd taxa de energie este scăzută ; tarifele de noapte nu au dat rezultatele scontate în folosirea boilerelor de apă caldă, dar au dat foarte bune rezultate în utilizarea sobelor cu acumulare pentru încălzirea locuințelor.

Raportul D 7 (*E. Laskow* și *R. Nowakowschi* — R.P.P.) prezintă o *metodă de calcul al prețului de cost al energiei electrice bazată pe împărțirea graficului de sarcină în trei zone orizontale : de vîrf, de semivîrf și de bază*. În continuare în raport se studiază, pe baza a două exemple, interesul economic pe care-l prezintă pentru marii consumatori, deplasarea consumului din orele de vîrf spre cele de noapte, pe baza folosirii de instalații consumatoare supradimen-

sionate (consumatori tampon care pot fi opriți în orele de vîrf). În cadrul acestor exemple se arată metoda de determinare a duratei maxime pe care poate fi oprit un consumator fără efecte economice negative, precum și a duratei optime de oprire (care dă cele mai bune rezultate economice pe ansamblul producător-distribuitor-consumator). Această problemă, a consumatorilor tampon, a fost examinată și în unele din rapoartele din cadrul Grupei B, expuse mai înainte.

O altă grupă de probleme tratate în cadrul grupei D este cea care privește *deconectarea unor consumatori în timpul anumitor ore prin telecomandă centralizată sau prin contactoare locale comandate de un mecanism de ceasornic.* În această problemă s-au prezentat 5 rapoarte, dar ea a mai fost examinată și în cîteva rapoarte încadrate la grupa B.

Rapoartele B 9, D 22, 23 și 25 prezintă, în principal, sistemele de telecomandă folosite în Austria, R.F.G. și Italia: generatoarele de frecvență muzicală, instalațiile de cuplaj la rețeaua de transport și distribuție, releele de pe receptoare (la telecomandă centralizată), comutatoarele de pe aparatele consumatoare care separă aceste aparate de restul utilizărilor și le cuplează la rețea numai în anumite ore dinainte fixate etc. În raportul D 25 se descrie *postul de dispecing al sistemului Roma*, prevăzut cu săli separate pentru controlul și comanda marilor centrale și a rețelelor de înaltă tensiune, respectiv pentru controlul și comanda rețelelor de medie și joasă tensiune; din această ultimă sală, prin telecomandă centralizată cu frecvență muzicală se transmit impulsuri de conectare și deconectare la unele aparate consumatoare (ținînd cont de necesitățile rețelei și de genul consumatorilor), precum și la diverse întreruptoare din rețea.

În raportul B 2 se arată *rezultatele bune obținute prin telecomanda centralizată în reglarea curbei într-un oraș mic din Suedia*, în care principalul consumator este constituit de încălzirea localurilor. În raportul B 9 se arată de asemenea foarte sumar rezultatele avantajoase obținute în Austria prin telecomanda centralizată.

În raportul B 18 (*G. Peloni* — Franța) între alte probleme se arată de asemenea *efectul favorabil al telecomenzii centralizate pentru dezvoltarea rațională a consumului de energie electrică în trei orașe din Franța* în care s-au făcut experiențe de cercetare a celor mai raționale metode de dezvoltare a consumului de energie electrică.

Din toate rapoartele privind telecomanda centralizată rezultă că aceasta este asociată cu tarife diferențiate după ora de consum.

În problema *rolului propagandei și învățămîntului pentru dezvoltarea consumului rațional de energie electrică* s-au prezentat 5 rapoarte.

În raportul D 4 (*Dori* — Italia) se arată în acest sens că *este necesară o legătură strînsă între distribuitorul de energie electrică și consumatorii de masă* (casnici, mici ateliere, agricultură) care nu dipun de cunoștințe de specialitate în utilizarea rațională a energiei electrice. În acest scop se arată că la unele întreprinderi de electricitate din Italia s-au înființat servicii de îndrumare care se adresează nu numai consumatorilor dar și proiectanților de instalații consumatoare. Mijloacele folosite sînt: birouri de informare tehnică, consultații telefonice la cerere, expoziții demonstrative, reuniuni cu consumatorii, conferințe, vizite la domiciliu, publicații periodice distribuite gratuit, conferințe în școlile medii de fete asupra aplicațiilor energiei electrice în gospodărie, magazine proprii pentru desfacerea de aparate electrocasnice, care dau și asistență ulterioară în exploatarea rațională a aparatelor, concursuri cu premii în aparate electrocasnice etc. Înființarea de astfel de magazine ale întreprinderilor de electricitate pentru vînzarea de aparate electrocasnice și asistența ulterioară acordată, este apreciată ca unul din mijloacele de bază în atingerea scopului de dezvoltare rațională a consumului.

În raportul D 3 (*T. Malström* — Suedia) se arată că în Suedia s-a înființat din 1927, o societate fără scop lucrativ, FERA, pentru utilizarea rațională a energiei electrice și care acționează în toate domeniile de consum dar în special în sectorul casnic, mica industrie și agricultură. Societatea publică 3 reviste proprii și anume:

— o revistă lunară de 40—64 pagini destinată membrilor societății, tratînd probleme privind pe producători și distribuitori precum, și pe marii consumatori;

— o revistă trimestrială de 16 pagini de popularizare pentru problemele utilizării energiei electrice în agricultură;

— o revistă trianuală, de 16 pagini, de popularizare cuprinzînd problemele consumatorilor casnici și ai micilor consumatori industriali.

Ultimele două reviste sînt distribuite gratuit consumatorilor diferitelor întreprinderi energetice, acestea din urmă susținînd costul revistelor.

În multe cazuri problemele din reviste sînt urmate de distribuția de broșuri, pliante, placarte, pe probleme de utilizare și de tehnica securității în exploatare.

Societatea FERA organizează conferințe inclusiv la radio și televiziune, demonstrații publice, demonstrații în școli și de asemenea organizează întîlniri bianuale cu consumatorii.

În raportul D 29 (*H. F. Müller* — R.F.G.) se arată că cu toată pregătirea pe care o au din școală inginerii în problemele de economie energetică, în R.F.G. se simte nevoia de cursuri pentru ingineri, pentru a le pune la îndemînă ultimele

posibilități de folosire rațională a energiei electrice. În acest scop Institutul de cercetări economice în energetică din Karlsruhe organizează cursuri pentru ingineri, pe probleme restrînse, cu durată medie de cîte două zile.

În raportul C 23 (*T. Skarzynski* — R.P.P.) se tratează ameliorarea competenței tehnice a personalului energetic industrial din Polonia, în special pe baza diverselor forme de școlarizare organizate de Asociația specialiștilor polonezi în electricitate. Astfel în raport se arată că inginerii și tehnicienii energeticieni industriali ies din școli cu o pregătire practică insuficientă, că în posturile de energeticieni industriali există persoane cu studii tehnice de altă specialitate decît cea necesară și că deci sînt necesare cursuri atît pentru inginerii cît și pentru tehnicienii din serviciile energetice industriale și că de această problemă s-a ocupat în Polonia în special Asociația electricienilor polonezi, una din sarcinile de bază ale asociației fiind tocmai organizarea acestor pregătiri a personalului energetic industrial. Necesitatea unei bune pregătiri a acestui personal rezultă din dezvoltarea foarte mare a industriei și din cerința unei stringente economii în sectorul energetic.

Asociația electricienilor polonezi organizează :

— cursuri fără frecvență pentru ingineri și tehnicieni ;

— cursuri cu frecvență pentru creșterea calificării muncitorilor și tehnicienilor ;

— verificarea periodică, prin examen și diplomă eliberată de asociație, privind calificarea energeticienilor industriali ;

— publicarea de literatură periodică specială, în special revista lunară „Energetica industrială" ;

— concursuri pentru raționalizări în domeniul utilizării raționale a energiei electrice și termice.

Cursurile se desfășoară pe baza unui concurs activ din partea departamentelor economice care trimit pe lucrătorii lor la cursuri, urmăresc însușirea cunoștințelor predate, suportă o parte din cheltuielile ocazionate de cursuri, promovează pe absolvenții cursurilor.

Din raport rezultă că la cele 4 serii de cursuri fără frecvență organizate între 1955 și 1961 au fost înscriși 2 478 cursanți, din care au activat 1 003 cursanți și au obținut diplomă 790 cursanți. În raport se dă de asemenea un sumar al programei analitice ale acestor cursuri, care prevede 700 ore de pregătire individuală, 370 ore de consultație și laborator și 9 ore de examen de fiecare cursant.

În raportul B 18 (*G. Peloni* — Franța) se arată că, în urma experienței făcute de Electricité de France în 3 orașe diferite din Franța în scopul dezvoltării raționale a consumației la micii consumatori, a rezultat că cea mai eficace metodă este aceia a sfătuirii permanente a consumatorilor prin servicii speciale ale întreprinderii de electricitate și prin presă. Raportul subliniază și necesitatea montării de mijloace de protecție care să asigure înscrierea în puterea contractată, protecția contra supraintensităților și a curenților de pămînt și securitatea personalului, recomandîndu-se în acest scop folosirea de disjonctoare diferențiale.

În cadrul *măsurilor organizatorice pentru folosirea rațională a energiei electrice* s-au prezentat 12 referate care vor fi expuse mai jos.

În referatul D 19 (*E. Iokhvidov, Gh. Minin* și *Ciumakov* — U.R.S.S.) se arată că *direcțiile principale de economisire a energiei electrice în U.R.S.S. sînt perfecționările tehnologiei de producție, care conduc la scăderea consumurilor specifice de energie.* O altă cale este folosirea agitației vizuale a presei, radioului și televiziunei, cinematografului etc. prin care se expun cele mai eficiente măsuri de economisire. Se organizează de aseamenea concursuri în întreprinderi, pe regiuni sau pe întreaga țară, pentru cele mai bune propuneri privind economisirea energiei electrice. În plus se organizează instructajul personalului pentru măsurile tehnice destinate ameliorării consumului energiei. Referatul enumără unele dintre cele mai eficiente măsuri tehnologice de reducere a consumurilor specifice de energie electrică.

Controlul utilizării raționale a energiei se efectuează de Inspecția de stat pentru energetica industrială și control energetic.

Pe lîngă inspecție lucrează un consiliu tehnic interdepartamental pentru problemele de energetică industrială.

În plus față de atribuțiile Inspecției energetice din R.P.R., cea din U.R.S.S. are și următoarele atribuții :

— organizează concursul anual unional pentru cea mai bună propunere pentru economisirea energeiei electrice ;

— organizează schimburi de experiență ;

— soluționează toate divergențele ivite între consumatorii și furnizorii de energie electrică, organizațiile de proiectare și montaj, în ceea ce privește aplicarea și interpretarea prescripțiilor unionale ; soluțiile Inspecției energetice sînt obligatorii pentru toate departamentele și organizațiile.

În raportul D 13 (*O. Ilek* — R.S.C.) se arată *obiectivele controlului utilizării raționale a energiei electrice în industria din R.S.C.* Accentul este pus pe stabilirea de norme fundamentate tehnic pentru consumul de energie electrică la produsele cu un consum important de energie electrică (azi sînt în R.S.C. în vigoare 65 norme acoperind 70% din consumul industrial de energie electrică al țării). Inspecția energetică controlează respectarea acestor norme și colaborează la perfecționarea metodelor de normare.

Referatul D 15 (*M. Pyga* — R.S.C.) tratează despre *reglarea curbei de sarcină*, arătînd că începînd din 1962 se fixează tuturor marilor consumatori o putere maximă posibilă de absorbit în timpul orelor de vîrf ale sistemului energetic și o putere maximă absorbită în restul orelor. Aceste limite pot să fie majorate sau micșorate funcție de situația puterii disponibile în sistem. În scopul reglării curbei de sarcină s-a introdus din acest an o modificare la taxa de putere din tariful binom, și anume această taxă se plătește corespunzător puterii absorbite în timpul orelor de vîrf, în loc să se plătească pentru puterea absorbită maximă absolută. În plus taxa de enegie din sistemul binom de tarifare este diferită pentru consumul de zi și pentru consumul de noapte.

Raportul B 13 (*C. Ignatz* — R.P.U.) tratează tot *problema reglajului curbei de sarcină arătînd că în R.P.U. se fixează curbele de sarcină pentru marii consumatori, pe ramuri industriale*, de către CSP și Inspecția energetică. În plus raportul arată o metodă pentru determinarea bilanțului de putere și energie.

Raportul D 16 (*W. Kallenberg* — R.D.G.) se preocupă de *necesitatea stabilirii de norme de consum de energie în scopul unei folosiri economice a energiei de către consumatori*. Raportul cuprinde o clasificare a normelor după metoda de stabilire, condițiile care trebuie să le îndeplinească o normă etc.

În raportul D 21 (*Schäffer* — R.F.G.) se arată că *o utilizare rațională a energiei electrice necesită neapărat o schemă de măsurare adecvată și corectă a consumurilor și se indică principalele măsuri necesare și schemele corecte.* Numai în acest fel se pot descoperi sursele de risipă, descompunînd consumul total în elementele sale componente.

Raportul C 31 (*H. W. Oberlack* — R.F.G.) prezintă o serie de *date statistice asupra consumului de energie electrică în R.F.G. în sectorul industrial și în sectorul casnic* din care rezultă creșterea consumului de energie electrică mai rapidă decît creșterea consumului din celelalte forme de enegie și de cît a producției industriale și a produsului național brut, ceea ce arată desigur și un grad de raționalizare crescînd.

În raportul D 24 (*Leskovar* — R.P.F. Iugoslavia) *se stabilește* (în afara problemelor de tarifare tratate mai înainte) *o legătură între dezvoltarea consumului de energie electrică și produsul social total și venitul național net.*

În raportul D 5 (*Kasprzycki* — R.P.P.) se arată *situația limitărilor în alimentarea cu energie electrică în Polonia*, datorită lipsei de putere, și se arată principiile unei metode (încă insuficient perfecționate) pentru determinarea pagubelor cauzate de aceste limitări. Se ajunge la concluzia că în 1957 în R.P.P. valoarea pierderilor industriei prin limitările de consum reprezenta în medie de 90 ori valoarea energiei nelivrate, dar prețul energiei electrice nu corespundea valorii sale reale. Metoda de calcul a pierderilor urmărește să stabilească nominal întreprinderile la care trebuie aplicate limitări în caz de lipsă de putere în sistemul energetic.

Raportul D 12 prezentat de *Tibergyen* din partea UNIPEDE arată că *problema utilizării raționale a energiei electrice (în sensul domeniilor de folosire a acestei energii comparativ cu alți agenți energetici) nu poate fi rezolvată prin reguli generale, ea variind după condițiile existente la un moment dat în diferitele țări sau regiuni.*

Raportul trece apoi în revistă (și dă unele concluzii foarte sumare) studiile de care se ocupă acum sau care au fost mai recent efectuate de către comitetul de studii al UNIPEDE pentru dezvoltarea aplicațiilor energiei electrice și anume :

— dezvoltarea consumului rezidențial, arătîndu-se ritmul important de creștere (sînt luate în considerare S.U.A., 15 state din Europa de vest și R.P.F. Iugoslavia) și genurile de utilizări ;

— dezvoltarea consumului industrial și structura acestui consum ;

— metodele de informare a consumatorilor industriali asupra posibilităților de folosire rațională a energiei electrice și a avantajelor acestei forme de energie ;

— dezvoltarea aplicațiilor energiei electrice în agricultură ;

— metodele pentru predeterminarea necesarului de energie electrică în perspectivă.

Rapoartele D 8 și 26 prezintă *influența schimbării orei legale în Ungaria și Italia asupra consumului de energie electrică.* Rezultă din aceste rapoarte că efecte favorabile se manifestă atunci cînd o țară la care se aplică această măsură este situată la estul fusului legal orar. În R.P.U. s-a obținut prin adoptarea orei de vară o reducere de puteri de 3% la vîrful de seară de vară și o economie de energie de 3‰ din consumul anual, R.P.U. fiind situată la estul fusului orar. În Italia datorită amplasării la vestul fusurilor și a formei teritoriului său în raport cu direcția curbelor izoore solare de la răsăritul și apusul soarelui, nu apare economie de putere, iar economia de energie este neglijabilă.

COMISIA ECONOMICĂ EUROPEANĂ
COMITETUL PENTRU ENERGIA ELECTRICĂ

Simpozion pentru problemele raţionalizării consumului de energie electrică

(Varşovia, 22—25 mai 1962)

Specificaţia documentelor prezentate simpozionului în legătură cu problemele raţionalizării consumului de energie electrică.

Nr. documentelor	Autor	Denumirea documentelor
	Grupa A. **Problemele care se referă la situaţia energeticii în lume, şi în special în Europa**	
VAR/SYMP/A. 1 Rev. 1	Grup special de experţi — pentru studiul problemelor legate de acoperirea sarcinilor de vîrf — al Comitetului pentru energia electrică din cadrul Comisiei economice europene	Cercetare comparativă a caracteristicilor graficelor de sarcină zilnice şi anuale în diferite ţări europene.
VAR/SYMP/A. 2	Secretariatul Comisiei economice europene	Problemele care se referă la situaţia în domeniul energeticii în întreaga lume şi în special în Europa.
VAR/SYMP/A. 3	Grupul de lucru pentru electrificarea rurală al Comitetului pentru energia electrică al comisiei economice europene.	Raţionalizarea consumului de energie electrică în utilizările agricole.
VAR/SYMP/A. 4	Secretariatul Organizaţiei de colaborare şi dezvoltare economică (OCDE)	Activitatea OCDE în legătură cu raţionalizarea utilizării energiei electrice.
	Grupa B. **Măsuri pentru reglarea curbei de sarcină.**	
VAR/SYMP/B. 1	Arnoldo Angelini, Italia	Consideraţiile tehnice şi economice referitor la întreruperea temporară în alimentarea cu energie electrică a cuptoarelor de carbid în vederea limitării sarcinilor de vîrf.
VAR/SYMP/B. 2	S. Wadstein, Suedia	Telecomanda consumului de energie electrică pentru încălzire în oraşe mici ale Suediei.
VAR/SYMP/B. 3	L. Parke, Suedia	Utilizarea boilerelor electrice pentru producerea de aburi şi apă caldă în vederea consumării energiei excedentare.
VAR/SYMP/B. 4	F. Trocme, Franţa	Aportul întreprinderilor care produc carbură de calciu şi feroaliaje, la limitarea sarcinii de vîrf — importanţa economică a opririi cuptoarelor mari.
VAR/SYMP/B. 5	O. Herbatschek, Austria	Îmbunătăţirea curbei de sarcină a întreprinderilor furnizoare de energie electrică cu ajutorul acumulării căldurii produse din energie electrică.
VAR/SYMP/B. 6	T. Gelzomini, Italia	Analiza graficelor de sarcină ca bază de studiu al raţionalizării cererii abonaţilor din sectorul menajer.
VAR/SYMP/B. 7	E. Bates, Regatul Unit	Mărirea sarcinii minime prin încălzirea termică cu acumulare a încăperilor.
VAR/SYMP/B. 8	H. Jackson şi Rf. F. Chrles, Regatul Unit	Telecontrolul consumului cîtorva categorii de consumatori de energie electrică şi reducerea automată a sarcinii reţelelor.
VAR/SYMP/B. 9	E. Hoffbauer, Austria	Creşterea economicităţii furnizării energiei electrice prin exploatarea instalaţiilor de frecvenţă audio comandate de la distanţă.
VAR/SYMP/B. 10	J. Filipowicz, R.P. Polonă	Posibilităţile lărgirii sistemului de încălzire al consumatorilor urbani prin acumularea căldurii.
VAR/SYMP/B. 11	B. Havas, R.P. Ungară	Rolul investiţiilor capitale la consumatorii mari în vederea utilizării economice a energiei electrice.
VAR/SYMP/B. 12	L. Palfy, R.P. Ungară	Limitarea sarcinei de vîrf de către consumatori, aplicată în diferite ramuri industriale.
VAR/SYMP/B.13	C. Ignatz, R.P. Ungară	Metodele şi rezultatele economiei electroenergetice planificate în R.P. Ungară.
VAR/SYMP/B.14	B. Tittenbrum şi R. Nowacowski, R.P. Polonă	Utilizarea receptoarelor electrotermice mari consumatoare de energie electrică pentru reglarea sarcinii sistemului electroenergetic.
VAR/SYMP/B.15	G. B. Groch, R.S. Cehoslovacă	Modul de cercetare în R.S. Cehoslovacă a factorilor care influenţează graficele sarcinilor electrice.
VAR/SYMP/B.16	L. Reiss, R.S. Cehoslovacă	Posibilităţile reducerii sarcinii de vîrf în sistem, prin metoda reducerii puterii consumate de cîţiva consumatori importanţi de energie electrică.
VAR/SYMP/B.17	G. Almers, directorul Institutului de energetică, Lipsca — R.D.G.	Economicitatea şi oportunitatea decuplării consumatorilor importanţi de energie electrică în perioadele sarcinilor de vîrf şi metodele de transfer al preluării puterii în pieroade de sarcină joasă.

Nr. documentelor	Autor	Denumirea documentelor
VAR/SYMP/B.18	G. Peloni, Franţa	Cercetarea metodelor pentru asigurarea dezvoltării raţionale a consumului de energie electrică în reţelele de joasă tensiune — experienţa din trei oraşe.
VAR/SYMP/B.19	P. Börotelmann, R.F.G.	Estimarea posibilităţilor de încălzire prin convecţie de la reţeaua normală de alimentare cu energie electrică.
VAR/SYMP/B.20	B. Sazonov, U.R.S.S.	Producţia combinată de căldură şi energie electrică în instalaţiile cu turbine de gaze.
VAR/SYMP/B.21	S. Crzjicki, I. Dobjanska şi I. Hodzinski, R.P. Polonă	Influenţa introducerii orei de vară asupra echilibrării sarcinii sistemului. Efectele pozitive, rezultate din introducerea orei de vară.
VAR/SYMP/B.22	B. Nordström, Th. Berglund şi N. Holmin, Suedia	Centralele hidroelectrice cu acumulare prin pompaj, în ţara în care predomină energia hidroelectrică.
VAR/SYMP/B.23	Kalwerlei, Regatul Unit	Influenţa exercitată de transformatoare asupra sistemelor de alimentare.
VAR/SYMP/B.24	H. Pozar, R.P.F. Iugoslavia	Influenţa exercitată de condiţiile reţelei electrice asupra exploatării unor întreprinderi electrometalurgice şi electrochimice importante, precum şi asupra dezvoltării acestora.
VAR/SYMP/B.25	G. Welter, R.F.G.	Experienţa în exploatarea cuptoarelor electrice de panificaţie de tip nou cu circulaţia aerului cald.
VAR/SYMP/B.26	B. Marcu, R.P.R.	Probleme tehnice privitoare la reglarea curbei de sarcină.
VAR/SYMP/B.27	K. Kopecki, R.P.P. (rapotor general la grupa B).	Mijloace destinate să limiteze variaţiile de sarcină prin deplasarea anumitor sarcini de vîrf sau prin dezvoltarea anumitor consumuri speciale în orele de gol.
	Grupa C. **Măsuri pentru utilizarea raţională a energiei electrice în iluminat, transport, industrie şi uz casnic**	
VAR/SYMP/C. 1	F. Nouviont, Franţa	Aspectul energetic al tracţiunii electrice.
VAR/SYMP/C. 2	Mario Augusto Levi, Renato Cardano şi Pietro Leopardi, Italia	Rezultatele experienţelor în legătură cu raţionalizarea utilizării energiei electrice pentru topirea oţelului în cuptoare electrice cu arc.
VAR/SYMP/C. 3	Pietro Raciti, Italia	Utilizarea raţională a energiei electrice în scopuri menajere.
VAR/SYMP/C. 4	Giorgio Simondetti şi Pietro Raciti, Italia	Utilizarea raţională a energiei electrice în agricultură. Măsuri pentru sporirea rentabilităţii în electrificarea rurală.
VAR/SYMP/C. 5	Lino Ricard, Italia	Utilizarea raţională a energiei electrice pentru iluminatul străzilor şi drumurilor.
VAR/SYMP/C. 6	Gh. Cova, Italia	Utilizarea raţională a energiei electrice în industria cimentului.
VAR/SYMP/C. 7	Giovanni Malaman, Italia	Raţionalizarea consumului de energie electrică la întreprinderi industriale de capacitate mică şi mijlocie.
VAR/SYMP/C. 8	U. Glymstedt şi J.E. Ryeman, Suedia	Măsuri pentru aplatisarea sarcinii şi producţiei într-un sistem hidroenergetic şi termoenergetic combinat.
VAR/SYMP/C. 9	R. Lundberg, Suedia	Dezvoltarea motoarelor — generatoare tri- monofazate pentru tracţiune electrică la căile ferate de stat ale Suediei.
VAR/SYMP/C. 10	Coutris, Franţa	Importanţa normalizării şi mărcilor care confirmă calitatea, pentru munca de cercetare în domeniul utilizării raţionale a energiei electrice în scopuri menajere.
VAR/SYMP/C. 11	Uniunea naţională a consumatorilor de energie electrică şi gaze, Franţa	Importanţa influenţei graficului de lucru asupra preţului de cost al energiei electrice în industria franceză de ciment.
VAR/SYMP/C. 12	F. Calii, Italia	Utilizarea raţională a energiei electrice în procesele electrolitice, în general.
VAR/SYMP/C. 13	F. Calii, Italia	Utilizarea raţională a energiei electrice în cuptoare electrice cu arc în industria carbidului.
VAR/SYMP/C. 14	B. Petranec şi V. Olczacowschi, R.P. Polonă	Raţionalizarea în sectorul electroenergetic al industriei carbonifere din Polonia.
VAR/SYMP/C. 15	B.E. Dory, Regatul Unit	Utilizarea raţională a electricităţii în domeniul sudurii în Regatul Unit.
VAR/SYMP/C. 16	I. Gosczicczcki, R.P. Polonă	Referitor la analiza sarcinilor în reţelele electrice rurale.
VAR/SYMP/C. 17	Z. Ioung şi J. Tuminski, R.P. Polonă	Raţionalizarea distribuţiei sarcinii şi consumului de energie electrică în gospodăriile rurale prin alegerea adecvată a aparatajului electric şi în special a motoarelor electrice.
VAR/SYMP/C. 18	Iacub Tomasevicz, R.P. Polonă	Energia electrică în industria chimică.
VAR/SYMP/C. 19	Direcţia tehnică centrală pentru utilajul agricol de stat în cadrul Direcţiei generale de mecanizare a agriculturii de pe lîngă Ministerul Agriculturii, Franţa	Utilizarea raţională a energiei electrice în agricultură; măsuri orientate în vederea sporirii rentabilităţii electrificării rurale.

Nr. documentelor	Autor	Denumirea documentelor
VAR/SYMP/C. 20	R. Carmina, Italia	Utilizarea raţională a energiei electrice la fabricarea aluminiului.
VAR/SYMP/C. 21	L. Pazmandi şi G. Teoche, R.P. Ungară	Cîteva probleme ale utilizării energiei electrice în industria de aluminiu.
VAR/SYMP/C. 22	A. Eb, Belgia	Încălzirea electrică a încăperilor de locuit, încălzitul raţional şi utilizarea raţională a energiei electrice.
VAR/SYMP/C. 23	T. Scarczinski, R.P. Polonă	Ridicarea nivelului de calificare a energeticienilor industriali în Polonia, realizată de Asociaţia electricienilor polonezi (SEP)
VAR/SYMP/C. 24	O. Venda şi I. Schvartz, R.S. Cehoslovacă	Evoluţia consumului specific de energie electrică la întreprinderile metalurgice şi în centralele proprii de termoficare.
VAR/SYMP/C. 25	I. Tvarujec, R.S. Cehoslovacă	Consumul econmic de energie electrică în întreprinderile industriale.
VAR/SYMP/C. 26	I.G. Friedrich, ing. dipl., şeful serviciului la Institutul de energetică Lipsca, R.D.G.	Utilizarea energiei electrice pentru nevoile menajere, industriale şi agricole, dezvoltarea în anii următori şi influenţa asupra instalaţiilor de alimentare cu energie electrică.
VAR/SYMP/C. 27	M. Trehov, U.R.S.S.	Utilizarea raţională a energiei electrice la uzina de automobile „I.A. Lihacev" din Moscova.
VAR/SYMP/C. 28	A. Svencianski, U.R.S.S.	Utilizarea raţională a energiei electrice la exploatarea cuptoarelor electrice cu arc deschis.
VAR/SYMP/C. 29	R. Perretbui, Franţa	Utilizarea raţională a energiei electrice în industria aluminiului.
VAR/SYMP/C. 30	P. Scholl, R.F.G.	Raţionalizarea utilizării energiei electrice în menaj.
VAR/SYMP/C. 31	H.W. Oberlack, R.F.G.	Indicii de consum a energiei electrice şi preţurile ca indicatori ai raţionalizării şi modernizării.
VAR/SYMP/C. 32	W. Strahringer, R.F.G.	Problema influenţei tarifelor pentru energia electrică asupra consumului de energie electrică în sectorul menajer.
VAR/SYMP/C. 33	J. Miculschi, R.P. Polonă	Raţionalizarea utilizării energiei electrice în siderurgie.
VAR/SYMP/C. 34	N. Berglund şi G. Anilsson, Suedia	Noile destinaţii ale energiei electrice în agricultura suedeză.
VAR/SYMP/C. 35	F. S. Laig şi W. Kelsy, Regatul Unit	Utilizarea raţională a energiei electrice la exploatarea cuptoarelor electrice cu arc.
VAR/SYMP/C. 36	F. Laughton, Regatul Unit	Utilizarea raţională a energiei electrice pentru fabricarea aluminiului.
VAR/SYMP/C. 37	G. Saran, R.F.G.	Utilizarea raţională a energiei electrice în scopuri menajere.
VAR/SYMP/C. 38	C. Schenk, Austria	Problemele legate de alegerea optimă a transformatoarelor pentru întreprinderile industriale.
VAR/SYMP/C. 39	G. Beil, R.F.G.	Utilizarea raţională a energiei electrice în agricultură : măsuri destinate sporirii rentabilităţii electrificărilor rurale.
VAR/SYMP/C. 40	J. Colin, Franţa	Utilizarea raţională a energiei electrice la exploatarea cuptoarelor mari cu arc pentru topirea oţelului.
VAR/SYMP/C. 41	Arsenoiu, Dorfman, C. Nagy şi G. Panaitescu, R.P.R.	Utilizarea raţională a energiei electrice în industria cimentului.
VAR/SYMP/C. 42	L. Nehrebecki, R.P.P. (raportor general pentru grupa C I).	Mijloace destinate folosirii raţionale a energiei electrice în industrie şi transporturi.
VAR/SYMP/C. 43	C. Mejro, R. P. P. (raportor general pentru grupa C II).	Mijloace pentru utilizarea raţională a energiei electrice în scopuri de iluminat, casnic şi în agricultură.
	Grupa D. **Măsuri tehnice, economice şi organizatorice pentru stimularea utilizării raţionale a energiei electrice de către consumatori**	
VAR/SYMP/D. 1	Fety Manguoglu, Turcia,	Influenţa tarifelor asupra consumului de energie electrică şi rolul întreprinderilor energetice.
VAR/SYMP/D. 2	Corkut Enghiun, Turcia	Organizarea controlului şi inspecţiei şi importanţa acesteia din punctul de vedere al contribuţiei în vederea raţionalizării consumului de energie electrică.
VAR/SYMP/D. 3	T. Malström, Suedia	Activitatea de propagandă desfăşurată de FERA — Asociaţia suedeză pentru consumul raţional de energie electrică.
VAR/SYMP/D. 4	Dori, Italia	Acordarea de consultaţii cercurilor largi de clienţi ; metode de lucru.
VAR/SYMP/D. 5	Kasprzytcki, R. P. Polonă	Limitarea consumului de energie electrică în Polonia şi metoda de determinare a consecinţelor economice ale acestor limitări.
VAR/SYMP/D. 6	H. Fournier, Franţa	Furnizarea energiei parţial garantate şi utilizarea producţiei excedentare.
VAR/SYMP/D. 7	E. Laskov şi R. Nowakowski, R.P. Polonă	Metoda de determinare a preţului de cost al producţiei de energie electrică şi aplicarea acesteia în problemele de raţionalizare a consumului.

Nr. documentelor	Autor	Denumirea documentelor
VAR/SYMP/D. 8	Kerenyi, R.P. Ungaria	Avantajele obţinute prin introducerea orarului de vară în Republica Populară Ungară.
VAR/SYMP/D. 9	G. Revay şi B. Janos, R.P. Ungară	Tarifele în domeniul energiei electrice şi efectul lor asupra consumului.
VAR/SYMP/D. 10	Pitermaat, Belgia	Studiul general asupra utilizării energiei electrice în scopuri termice şi posibilităţile de înlocuire a energiei electrice prin gaze.
VAR/SYMP/D. 11	Klarner, R.P. Polonă	Noul tarif pentru puterea reactivă
VAR/SYMP/D. 12	Tibergyen, preşedintele comitetului UNIPEDE pentru studiul dezvoltării utilizării energiei electrice.	Utilizarea raţională a energiei electrice.
VAR/SYMP/D. 13	O. Ilek, R.S. Cehoslovacă	Sarcinile controlului utilizării raţionale a energiei electrice în industria cehoslovacă.
VAR/SYMP/D. 14	N. Irji, R.S. Cehoslovacă	Raţionalizarea utilizării energiei electrice pentru nevoile menajere.
VAR/SYMP/D. 15	M. Pyga, R.S. Cehoslovacă	Planificarea şi reglementarea consumului de energie electrică în R. S. Cehoslovacă.
VAR/SYMP/D. 16	W. Kallenberg, conducătorul Centrului de cercetări ştiinţifice pentru folosirea economică a energiei — Lipsca, R.D.G.	Normele pentru consumul de energie în vederea măririi economicităţii utilizării energiei de către consumatori.
VAR/SYMP/D. 17	G.V. Serbinovski U.R.S.S.	Raţionalizarea utilizării energiei electrice prin îmbunătăţirea factorului de putere.
VAR/SYMP/D. 18	I. A. Budzko şi S. V. Sciurov, U.R.S.S.	Utilizarea raţională a energiei electrice în agricultură şi măsuri pentru sporirea rentabilităţii electrificărilor rurale.
VAR/SYMP/D. 19	E. Iokhvidov, Gh. Minin şi N. Ciumakov, U.R.S.S.	Problemele utilizării raţionale a energiei electrice şi organizării controlului de stat asupra consumului de energie în U.R.S.S.
VAR/SYMP/D. 20	Boiteux, Franţa	Distribuţia raţională a consumului de energie electrică cu ajutorul tarifelor.
VAR/SYMP/D. 21	Schäffer, R.F.G.	Controlul intern uzinal al consumului de energie electrică prin măsurarea lui şi importanţa acestei măsurări pentru consumul raţional de energie electrică.
VAR/SYMP/D. 22	R. Keberich, R.F.G.	Reducerea variaţiei sarcinii reţelelor de transport electric prin metoda de pulsaţie.
VAR/SYMP/D. 23	Bruchmann, R.F.G.	Măsuri pentru controlul sarcinii la cîteva categorii de consum al energiei electrice în vederea reducerii perioadelor de vîrf în reţele de joasă tensiune.
VAR/SYMP/D. 24	Leskovar, R.P.F. Jugoslavia	Tarife şi utilizarea energiei electrice în scopuri menajere.
VAR/SYMP/D. 25	Verducci, Italia	Realizările ocietăţii „Azienda comunale electricita ed acque" din Roma şi cercetările efectuate de aceasta în vederea raţionalizării consumului de energie electrică.
VAR/SYMP/D. 26	Riccio şi Sanducci, Italia	Influenţa maximă exercitată de orarul oficial asupra consumului de energie electrică din Italia.
VAR/SYMP/D. 27	Werhowen, Belgia	Poziţia pe care se situează în Belgia furnizării de energie electrică în ce priveşte metodele curente şi de altă natură, aplicate pentru raţionalizarea utilizării energiei electrice de către consumatori.
VAR/SYMP/D. 28	B. Bouvet şi J. Moret, Franţa	Organizarea organelor de control şi inspecţie în cadrul Asociaţiei consumatorilor şi influenţa ei asupra stimulării utilizării raţionale a energiei electrice.
VAR/SYMP/D. 29	H. F. Müller, R.F.G.	Practica ţinerii cursurilor pentru ingineri în vederea utilizării economice a energiei electrice.
VAR/SYMP/D. 30	P. Stazzi Franţa.	Rolul tarificării.
VAR/SYMP/D. 31	M. Bercovici, N. Moldoveanu, C. Nagy, G. Panaitescu şi V. Caracudovici, R. P. R.	Raţionalizarea consumului de energie electrică în Romînia.
VAR/SYMP/D. 32	J. Gayrand, R.P.R.	Organizarea controlului utilizării energiei electrice şi influenţa bilanţurilor electroenergetice şi a planurilor măsurilor tehnico-organizatorice asupra economiei de energie electrică.
VAR/SYMP/D. 33	T. Comănescu şi G. Caraman, R.P.R.	Examinarea criteriilor pentru stabilirea tarifelor de energie electrică şi influenţa acestora asupra dezvoltării industriei petrolului şi chimiei.
VAR/SYMP/D. 34	T. Kahl, R. P. P. (raport general la grupa D).	Metode tehnice, economice şi organizatorice destinate stimulării unei utilizăr iraţionale a energiei electrice de către consumatori.

Probleme tehnice ale reglajului curbei de sarcină*

*BERNARD MARCU*** — București

I. Scurtă prezentare a situației reglajului curbei de sarcină în R.P.R

1. În ultimul deceniu o dată cu dezvoltarea rapidă a economiei R.P.R., problemele *repartiției corecte a consumului de energie electrică între schimburi, în zilele lucrătoare, au fost obiectul unei atenții deosebite.*

Datorită activității depuse în domeniul reglementării consumului de energie electrică, curba de sarcină a sistemului electroenergetic național prezintă o serie de indici favorabili.

Astfel, din analiza curbei de sarcină a sistemului electroenergetic pentru unele zile caracteristice din anii 1960 și 1961 rezultă următoarea repartiție a energiei consumate în cursul unei zile lucrătoare :

între orele	6—14	33,5—34,5%;
între orele	14—22	35,5—37 %;
între orele	22— 6	29 —31 %.

Coeficientul de aplatisare (raportul dintre puterea medie și cea maximă) variază, în zilele vîrfului de sarcină, anual între 0,81 și 0,84.

Energia de bază reprezintă 80—88% din energia totală, fiind produsă cu o putere de bază de 68—73% din puterea maximă.

2. *Curba de sarcină a sistemului electroenergetic prezintă în perioada mai încărcată — de iarnă — două vîrfuri : unul de dimineață și unul de seară.* Vîrful de seară este cu 12—15% mai mare decît cel de dimineață. Durata ambelor vîrfuri atinge 6—7 h/zi. În lunile de vară, în special în iulie și august, practic este de luat în considerație numai vîrful de seară. Durata acestuia este de numai $1^1/_2$—2 h.

Întreprinderile industriale au consumat la nivelul anului 1960 circa 62% din energia electrică produsă.

Participarea acesrora la vîrful de sarcină de seară al sistemului electroenergetic este sensibil mai redusă decît la vîrful de sarcină de dimineață.

3. *Consumul de energeie electrică în toate ramurile economiei naționale se dezvoltă într-un ritm viu fiind prevăzută, pînă în anul* 1965, *o creștere medie anuală a producției de energie electrică de* 18%. Pe lîngă creșterile importante ale consumului de energie electrică în industrie (în electrometalurgie, electrochimie și alte ramuri) se întrevăd sporuri importante de consum în uzul casnic, agricultură și transporturi.

Prin noile tarife pe tranșe, ce au fost introduse în anul 1961, se urmărește încurajarea răspîndirii mai largi a utilizării energiei electrice pentru uz casnic.

În ceea ce privește consumul casnic de energie electrică remarcăm că datorită condițiilor specifice din R.P.R. unde există o rețea foarte dezvoltată de transport și distribuție a gazului metan și este în același timp larg introdusă utilizarea gazelor petroliere lichefiate, nu se întrevede pentru viitorul apropiat răspîndirea largă a boilerelor electrice — pentru pregătirea apei calde — sau a altor aparate electrice a căror funcționare sistematică să aibă loc în afara orelor de vîrf de sarcină.

Din analiza structurii consumului de energie electrică în R.P.R. rezultă că industria este cea care se pretează în principal aplicării de măsuri pentru reducerea vîrfului de sarcină a sistemului electroenergetic.

Creșterea gradului de electrificare a țării și dezvoltarea categoriilor de consumatori, a căror funcționare în orele de vîrf de sarcină nu poate fi evitată, vor duce la înrăutățirea formei curbei de sarcină.

Din această cauză, capătă o importanță crescîndă găsirea de noi căi pentru rezolvarea problemei reducerii vîrfului de sarcină.

II. Metode de acoperire a vîrfului de sarcină

1. Dezvoltarea multilaterală a economiei naționale și ridicarea necontenită a nivelului de trai *sînt strîns legate de satisfacerea integrală a necesităților de energie electrică.* Printre problemele importante ale satisfacerii cererilor de energie electrică este acoperirea vîrfului de sarcină al sistemului electroenergetic.

Pe linia producerii de energie electrică, pentru acoperirea vîrfului de sarcină se utilizează : centralele mai vechi cu randamente scăzute, centrale hidroelectrice cu acumulare și cu pompaj, centrale cu turbine de gaze sau cu acumulare de aer comprimat, mașini cu pistoane libere și grupuri Diesel.

2. În paralel cu construcția de centrale electrice de tipurile amintite mai sus, prezintă un interes deosebit *măsurile ce pot fi luate în domeniul consumului de energie electrică în scopul reducerii vîrfului de sarcină.*

Nu ne vom opri în acest referat asupra problemelor organizatorice ce conduc la ameliorarea formei curbei de sarcină, ci vom supune examinării cîteva probleme speciale privind

---

* Referat prezentat la simpozionul cu tema *„Utilizarea rațională a energiei electrice"* organizat la Varșovia între 21 și 25 mai 1962 sub egida C.E.E.-O.N.U.

** Ing. *B. Marcu* este inspector general energetic din M.M.E.E.

concepția regimului de funcționare a unora dintre consumatorii importanți de energie electrică.

3. *O serie de procese tehnologice se desfășoară practic continuu în decursul celor* 24 h, *respectiv și în perioada orelor vîrfului de sarcină a sistemului electroenergetic, cu absorbirea de puteri electrice apreciabile.*

Considerînd că este necesar și posibil să se acționeze asupra formei curbei de sarcină a sistemului electroenergetic apare indicat ca încă din faza de proiectare a instalațiilor industriale să se examineze regimul de funcționare al acestora în orele de vîrf de sarcină.

Stabilirea soluțiilor trebuie să se facă pe bază de calcule tehnico-economice, ținînd seama de criteriile valabile la nivelul economiei naționale. Variantele ce se compară trebuie să asigure realizarea aceleiași capacități de producție. În cheltuielile de investiții se cuprind și investițiile în centralele electrice — pentru asigurarea puterii de vîrf necesară funcționării instalației — și eventualele investiții în noi deschideri de mine – corespunzător capacităților de producție, de combustibili necesare asigurării consumurilor suplimentare, de energie electrică.

4. *În unele procese tehnologice continue apare oportună introducerea de rezervoare pentru acumularea de produse intermediare sau finite și dimensionarea instalațiilor astfel, încît să fie posibilă oprirea totală sau parțială în orele de vîrf de sarcină.* Prin debitarea de produse intermediare acumulate se asigură totuși continuitatea funcționării acelor faze ale proceselor tehnologice ce nu pot fi întrerupte.

De regulă, în cazurile acestea nu are loc un consum suplimentar de energie electrică. În sistemele energetice în care predomină centralele termoelectrice și acoperirea sarcinii de vîrf se face prin utilizarea de grupuri mai puțin economice, scoaterea de consumatori din vîrful de sarcină și sporirea încărcării centralelor electrice în restul timpului conduce și la economii de combustibili.

5. Merită de asemenea o examinare atentă *regimul de funcționare al diferitelor categorii de cuptoare electrice pentru a se stabili dacă este justificat regimul actual de funcționare și în orele de vîrf de sarcină sau trebuie trecute la un regim de funcționare redusă sau chiar de oprire completă în orele de vîrf.* Pentru menținerea capacității de producție a cuptoarelor la nivelul inițial ar urma să se monteze cuptoare suplimentare.

În aceste cazuri, perioadele de funcționare cu sarcină redusă sau de întrerupere a funcționării cuptoarelor atrag o creștere a consumurilor specifice ce se realizează. În același timp se obțin economii de combustibil prin încărcarea mai bună a centralelor electrice în afara orelor de vîrf de sarcină.

Examinarea concretă a fiecărui caz în parte poate indica dacă se obțin rezultate favorabile din punctul de vedere al utilizării resurselor de energie primară și care este eficiența economică a adoptării unui regim de funcționare sau a altuia.

III. Considerații asupra oportunității dezvoltării unor consumatori ce contribuie la reducerea vîrfului de sarcină

1. În R.P.R. a fost începută de către Inspecția energetică *examinarea regimului de funcționare a cîtorva instalații mari consumatoare de energie electrică pentru evitarea participării acestora la vîrful de sarcină a sistemului electroenergetic.*

Cazurile concrete examinate au confirmat pe deplin oportunitatea și eficiența economică a dimensionării instalațiilor astfel, încît să nu funcționeze în orele de vîrf de sarcină. În cele ce urmează, pentru exemplificare, se vor expune unele din cazurile examinate și concluziile la care s-a ajuns.

2. *Instalația de cracare a gazului metan din cadrul unui combinat chimic.* Cracarea gazului metan se face cu ajutorul arcului electric în reactoare. Alimentarea acestora se face prin redresoare.

Reactoarele alimentează continuu cu gaze cracate linia de separare și purificare. Pornirea și intrarea în regim a liniei în cazul unei opriri accidentale durează circa 10 h, fiind însoțită de pierderi importante de producție.

Este posibilă însă funcționarea reactoarelor cu intermitență, cu înmagazinarea gazului cracat în gazometre din care se asigură alimentarea continua a linei de separare și purificare.

Au fost examinate comparativ diferite regimuri de funcționare posibile, ale căror limite extreme considerate au fost : funcționarea neîntreruptă și funcționarea numai noaptea. A reieșit ca fiind cea mai bună varianta în care, prin montarea unui reactor suplimentar și crearea unei capacități de acumulare în gazometre de 100 000 m^3 se pot opri reactoarele în tot cursul anului timp de 9 h pe zi (în 2 intervale a cîte $4^1/_2$ h).

În aceste ore sarcina se reduce cu circa 30 MW.

Din punct de vedere energetic această soluție conduce la o instalație analoagă cu o centrală hidroelectrică cu acumulare prin pompare : în afara orelor de vîrf instalația funcționează la plină sarcină alimentînd linia de separare și purificare și acumulînd gaze cracate în gazometre, iar în timpul orelor de vîrf aproape încetează consumul de energie electrică și debitează gaze acumulate. Capacitatea de acumulare echivalează cu 265 MWh/zi.

Instalația poate să funcționeze urmărind variația curbei de sarcină a sistemului electroenergetic. În timpul verii, cînd durata vîrfului de sarcină este redusă se poate adopta un regim de funcționare care să conducă la reducerea

încărcării în timpul zilei și deci la îmbunătățirea condițiilor de executare a reparațiilor în centralele electice.

Investiția specifică în instalații suplimentare pe kW redus la vîrful de sarcină este de circa 3,5 ori mai mică decît în cazul montării de turbine de gaze (într-o centrală cu 4×25 MW).

Cheltuielile anuale pentru exploatarea instalațiilor suplimentare raportate la kWh de vîrf redusă sînt de 3—4 ori mai scăzute decît în cazul producerii energiei de vîrf într-o centrală cu turbine de gaze.

3. *Regimul de funcționare al principalelor instalații din fabricile de ciment.* În legătură cu extinderea unor fabrici de ciment s-a făcut analiza regimului de funcționare a morilor de pastă brută, a morilor de ciment, a concasoarelor și a unor utilaje auxiliare.

La fabricile de ciment este prevăzută acumularea de produse intermediare ca: rocă concasată, pastă brută și clincher, astfel încît la oprirea accidentală a concasoarelor sau a morilor să fie asigurată funcționarea utilajelor cu foc continuu.

Morile de pastă brută și de ciment, împreună cu instalațiile auxiliare aferente reprezintă 75—80% din puterea totală absorbită de fabricile de ciment.

Rezervele de capacitate, prevăzute din considerente tehnologice, de 6% la morile de pastă și 3% la morile de ciment nu pot fi luate în considerare sistematic pentru reglarea curbei de sarcină, deoarece ele sînt prevăzute pentru asigurarea timpului necesar reparațiilor în urma avariilor.

Prin montarea de mori suplimentare de pastă brută și ciment la fabricile examinate devine posibilă oprirea tuturor morilor și a instalațiilor auxiliare aferente timp de $4-4^1/_2$ h pe zi în perioada vîrfului de sarcină.

Se obține astfel o reducere a sarcinii la vîrf de circa 40 MW, cantitatea de energie electrică ce se scoate din orele de vîrf fiind de circa 160 MWh/zi.

Investiția specifică pe kW redus la vîrful de sarcină este de 4,25 ori mai scăzută decît în cazul instalării de turbine cu gaze, în timp ce kWh de vîrf redusă revine de 1,3 ori mai ieftin decît cea produsă în centrale cu turbine cu gaze.

Pentru fabricile noi de ciment, la care nu sînt complicații în executarea amplificărilor ca la cele existente, regimul de funcționare trebuie stabilit astfel, încît să fie posibilă realizarea de opriri pe întreaga durată a vîrfului de sarcină, adică 6—7 h pe zi iarna. Puterea ce se poate reduce la vîrful de sarcină este considerabilă.

4. În ceea ce privește *regimul de funcționare a unor mari consumatori de energie electrică cum sînt cuptoarele de oțel și cele de carbid observăm că există încă posibilități remarcabile de raționalizare a funcționării acestor instalații la orele de vîrf față de sistemul actual de exploatare.*

Astfel, dintr-o analiză prealabilă făcută a rezultat că din punctul de vedere al economiei naționale o dată cu montarea unor noi capacități în cuptoare de carbid se va putea trece la un nou regim de exploatare ale acestora. Dintre variantele examinate a rezultat ca fiind cea mai eficientă varianta în care se întrerupe funcționarea cuptoarelor în orele de vîrf ale sistemului electroenergetic.

5. *În întreprinderile din unele ramuri industriale consumul de energie electrică pentru producerea aerului comprimat, oxigenului și pomparea apei industriale atinge valori ridicate.* În măsura, în care nu se poate renunța la aceste consumuri în orele de vîrf de sarcină, este cazul a se examina economicitatea acumulării de aer comprimat, oxigen și apă. Producerea, respectiv pomparea acestora ar urma să aibă loc în afara orelor de vîrf de sarcină, în timpul vîrfului de sarcină alimentarea proceselor tehnologice fiind efectuată din recipienți, respectiv din rezervoarele tampon.

Se poate aprecia că eficiența economică a acumulării aerului comprimat în întreprinderile industriale este mai ridicată decît producerea de energie electrică de vîrf cu turbine de gaze pe baza acumulării de aer comprimat.

6. *Trebuie reexaminate critic unele procese tehnologice pentru a se găsi posibilitățile de elaborare de noi regimuri de funcționare.* Citățm, pentru exemplificare, cazul fabricilor de aglomerarea minereurilor la care printr-o ușoară supradimensionare a silozurilor și instalațiilor de transport se poate obține oprirea totală a acestora în orele de vîrf.

7. Din cele expuse, rezultă *interesul prezentat de continuarea cercetărilor și de aplicarea în practică pe scară largă a măsurilor de reducere a vîrfului de sarcină prin dimensionarea corespunzătoare a marilor consumatori de energie electrică ce au posibilități de acumulare, precum și trasnformarea unor cuptoare electrice în consumatori tampon.*

Încă din faza de proiectare a obiectivelor industriale trebuie să se elaboreze și regimul de consum al energiei electrice, în vederea reducerii vîrfurilor de consum prin adoptarea de soluții de genul celor preconizate mai sus.

IV. Considerații asupra utilizării mijloacelor tehnice de control al regimului de consum

1. *Comanda și controlul funcționării după program a instalațiilor amintite la capitolul precedent, precum și controlul respectării riguroase a curbei de sarcină stabilite pentru marii consumatori sînt în condițiile noastre probleme de mare importanță pentru stăpînirea creșterii vîrfului de sarcină.*

Mijloacele tehnice folosite la noi pînă în prezent, în principal, se bazează pe controlul sarcinii consumatorilor pe bază de contoare cu unul sau două cadrane și cu unul sau două indicatoare de maxim.

2. În funcție de specificul consumatorilor noștri de energie electrică, *introducerea de noi mijloace de comandă și control al regimului de consum de energie electrică va trebui să se refere în principal la consumatorii industriali și la irigații.*

3. O serie de analize făcute a avut ca obiectiv *lămurirea posibilităților introducerii telecomenzii circulare pentru comanda de receptoare de energie electrică din industrie.*

Prin telecomanda circulară vor putea fi deconectate (și eventual reconectate) o parte din receptoarele a căror oprire la orele de vîrf se prevede prin planurile de măsuri tehnico-organizatorice existente în întreprinderi. Vor putea fi supuse operațiilor de comandă instalațiile la care nu este necesar a se lua măsuri tehnologice prealabile opririi.

Pot fi oprite integral sau parțial în orele de vîrf de sarcină : pompe de apă, compresoare cu aer, ventilatoare, instalații de condiționare, instalații de frigidere, mori de ciment, concasoare, mori de cărbune, mașini-unelte din atelierele mecanice, standuri de probă, cuptoare electrice pentru uscare, cuptoare pentru forjă, cuptoare de tratament termic, instalații de uscare a nisipului și a formelor din turnătorii, aparate de sudură electrică, aeroterme etc. De asemenea poate fi comandată oprirea sondelor în exploatare cu pompaj intermitent, pomparea țițeiului în rezervoarele din schele, precum și pomparea țițeiului pe conductele magistrale de transport.

4. *Instalațiile pentru telecomanda circulară pot fi instalate în marile întreprinderi și combinate, la punctul de dispecer al acestora.*

Controlul respectării curbei de sarcină aprobate s-ar face automat, impulsul de deconectare prin instalația de telecomandă circulară fiind dat de un contor cu două indicatoare de maxim sau de limitatoare de putere de tip special. Este posibilă și urmărirea respectării curbei de sarcină de către dispecerul de serviciu, comenzile operative prin instalația de telecomandă circulară fiind date manual.

După părerea noastră, în întreprinderile industriale mijlocii și mici nu este justificată introducerea de instalații de telecomandă circulară. Este însă posibilă telecomandarea receptoarelor din aceste întreprinderi ce ar urma să funcționeze după un regim prestabilit de la punctul de dispecer local al întreprinderii de electricitate prin utilizarea telecomenzii circulare.

5. *Îmbunătățirea controlului respectării graficului de sarcină aprobat prin mijloacele tehnice amintite este de natură să sporească eficiența activității energeticienilor din întreprinderi.*

Se asigură un reglaj sistematic al curbei de sarcină, fără perioade „ de campanie". Sporesc posibilitățile de influențare și control activ al regimului de consum al energiei electrice.

V. Concluzii

Reglajul curbei de sarcină este o problemă majoră în ansamblul unitar al procesului de producere, transport, distribuție și consum al energiei electrice.

Influența nivelului atins în reglarea curbei de sarcină asupra investițiilor în centralele electrice și a economicității funcționării acestora nu este de neglijat.

Momente esențiale în această acțiune sînt :

— planificarea corectă a consumului de energie electrică, respectiv de putere în orele zilei și

— controlul eficient al respectării regimului planificat.

Un mijloc important de cointeresare a consumatorilor în continua reglare a curbei de sarcină se realizează prin stabilirea de tarife stimulatorii.

În viitor trebuie să se bucure de atenția cuvenită dezvoltarea consumatorilor ce ocolesc vîrful de sarcină al sistemului electroenergetic, și a căror eficiență economică este deosebită.

De asemenea, trebuie să se introducă pe scară largă controlul automat al respectării regimului de funcționare stabilit și conectarea și deconectarea de receptoare cu funcționare intermitentă din industrie cu ajutorul telecomenzii centralizate.

Punctul de rouă şi problemele coroziunii suprafeţelor de recuperare de la sfîrşitul cazanului

IVAN GROSZ * — Bucureşti

Gazele provenite din arderea combustibililor în focarele cazanelor conţin cantităţi apreciabile de vapori de apă. Prin venirea în contact cu suprafeţe metalice, avînd temperatura sub punctul de condensare are loc procesul de condensare a vaporilor şi depunerea lor în formă de fază lichidă. Temperatura la care începe procesul de condensare poartă denumirea de punct de rouă. Funcţionarea suprafeţelor de recuperare în zone de temperaturi aflate sub punctul de rouă prezintă pericolul unei coroziuni intense.

Tendinţa de creştere continuă a randamentului cazanelor a impus reducerea continuă a temperaturii gazelor de ardere. Această tendinţă conduce la funcţionarea cazanelor, în multe cazuri, în zone de temperaturi situate sub punctul de rouă. Necesitatea asigurării eficienţei economice în condiţiile protejării avansate a suprafeţelor de recuperare a condus la studierea aprofundată a fenomenelor legate de stabilirea punctului de rouă şi de desfăşurarea proceselor de coroziune. [1, 2 şi 3].

Fenomenele legate de stabilirea punctului de rouă

Temperatura de condensare a vaporilor de apă corespunde presiunii parţiale a acestora în cadrul amestecului de gaze de ardere şi este de ordinul 30 — 60°C. În practică, s-a constatat însă, că în multe cazuri punctul de rouă nu coincide cu temperatura de condensare a vaporilor de apă şi că la gazele de ardere provenite de la combustibili conţinînd sulf, punctul de rouă este situat mult deasupra temperaturii de condensare a vaporilor de apă, putînd atinge valori de ordinul 120 — 180°C.

Valoarea ridicată a punctului de rouă se explică prin prezenţa în gazele de ardere a trioxidului de sulf rezultat din reacţia :

$$2\,SO_2 + O_2 = 2\,SO_3. \qquad (1)$$

Trioxidul de sulf în prezenţa vaporilor de apă dă naştere la acidul sulfuric. Majoritatea sulfului conţinut în combustibil se transformă în cursul procesului de ardere în SO_2; numai o fracţiune redusă — de ordinul 0,5 — 3% — devine SO_3.

Mecanismul de formare a trioxidului de sulf nu este întru totul clarificat. La formarea acestuia contribuie următorii factori : temperatura din focar, regimul de ardere, compoziţia cenuşei, în special prezenţa de Na_2O, K_2O, CaO, MgO şi de diverşi sulfaţi şi natura particolelor în suspensie.

Condensarea amestecului de vapori de H_2O şi H_2SO_4, se produce la temperaturi superioare temperaturii de condensare a vaporilor de apă. În fază lichidă concentraţia acidului atinge o valoare ridicată.

În figura 1 se prezintă diagrama de stare a amestecului de vapori de H_2O şi H_2SO_4, la diferite presiuni [1].

Curbele inferioare ale caracteristicilor p = =const. reprezintă concentraţia de H_2SO_4 în fază lichidă funcţie de temperatură, iar cele superioare indică concentraţia de H_2SO_4 în fază de abur funcţie de temperatură.

Punctele de intersecţii inferioare corespund apei pure, iar cele superioare la acidul concentrat (98,3%). Din diagramă rezultă că şi la

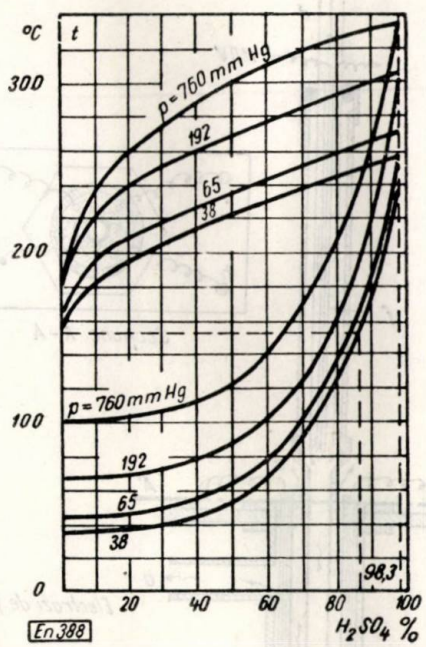


Fig. 1. Diagrama de stare a amestecului de vapori de H_2O şi H_2SO_4 la diferite presiuni.

concentraţii neînsemnate de H_2SO_4 are loc o creştere bruscă şi importantă a punctului de rouă în raport cu valoarea corespunzătoare vaporilor de apă pură.

Aparate pentru măsurarea punctului de rouă

Cunoscînd concentraţia vaporilor de H_2O şi H_2SO_4 se poate determina punctul de rouă pe bază de calcul. În acest scop este necesar stabilirea concentraţiei de SO_3 — ceea ce este condi-

* *I. Grosz* este ing. la I.R.M.E.

ţionat de o aparatură complexă. Determinarea punctului de rouă prin măsurătoare directă se poate realiza pe o cale mai simplă — din acest motiv în practică se recurge de obicei la acest gen de măsurări.

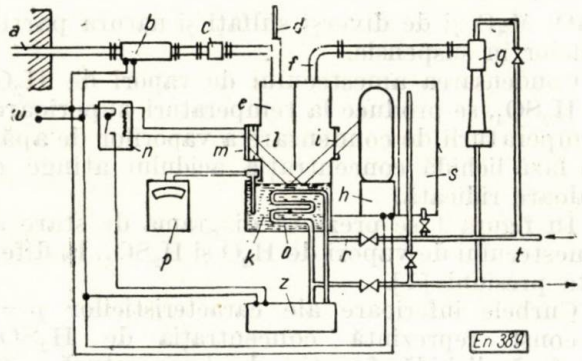


Fig. 2. Schema pentru măsurarea punctului de rouă după Bassa şi Beer :

a — sondă; *b* — cuptor electric; *c* — filtru; *d* — termometru; *e* — cameră de măsură; *f* — ţeavă pentru eşaparea gazelor; *g* — ejector cu apă; *h* — lampă (250 W); *i* — vizor; *k* — oglindă de Hg; *l* — vizor; *m* — celulă fotoelectrică; *n* — releu; *o* — serpentină de răcire; *p* — milivoltmetru; *z* — termostat; *w* — ocolire, *s* — răcitor cu apă; *t* — racord de apă; *u* — racord la reţea.

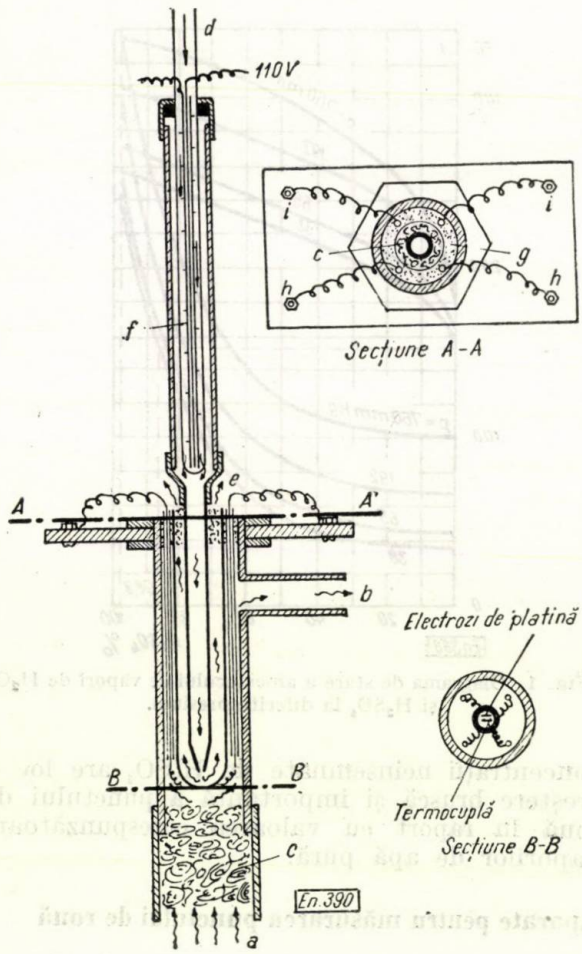


Fig. 3. Principiul determinării punctului de rouă după Johnstone :

a — intrarea gazelor; *b* — ieşirea gazelor; *c* — vată de sticlă; *d* — intrarea aerului; *e* — ieşirea aerului; *f* — rezistenţă pentru încălzire; *g* — mortar de gips; *h* — bornele termocuplei; *i* — racord la reţea.

Aparatele cunoscute se bazează pe principiul măsurării conductibilităţii (eventual a curentului de fugă) sau pe acela al aburirii unei oglinzi. Primul gen de aparate se folosesc aproape în exclusivitate. De obicei nu se recurge la absorbţia gazelor din instalaţie ci se amplasează sonda de măsură în canalul de gaze.

În figura 2 este redată schema aparatului pentru măsurarea punctului de rouă elaborată de Bassa şi Beer [4].

Gazele de ardere aspirate prin camera de măsură cu ajutorul unui ejector se lovesc de oglinda încărcăturii de Hg. Temperatura aces-

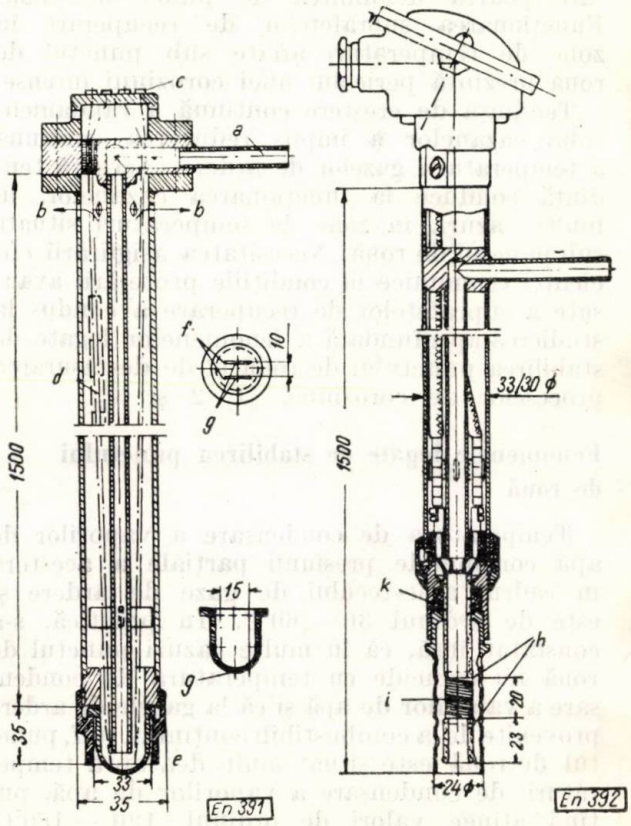


Fig. 4—5. Aparate pentru determinarea punctului de rouă cu răcire de aer :

a — intrarea aerului de răcire; *b* — ieşirea aerului de răcire; *c* — borne de conexiune; *d* — tub de porţelan; *e* — element de sticlă; *f* — electrozi; *g* — zonă de măsură a termocuplei; *h* — brăţară din platină; *i* — rezistenţă; *k* — material de etanşare.

teia este reglabilă. În cazul atingerii punctului de rouă se produce aburirea oglinzii, fenomen sesizat cu ajutorul unei celule fotoelectrice. Urmărirea temperaturii se face cu o termocuplă.

Principiul aparatelor la care măsurarea punctului de rouă se face pe cale electrică a fost elaborat de Johnstone în 1929 (fig.3).

Elementul de măsură este format dintr-un tub de sticlă avînd un cap terminal bombat în care sînt fixaţi doi electrozi de platină şi o termocuplă. Cu ajutorul electrozilor se determină conductibilitatea superficială funcţie de tem-

peratura peretelui. Temperatura peretelui poate fi reglată cu ajutorul unui curent de aer.

În figurile 4 și 5 sînt prezentate două aparate industriale construite pentru determinarea punctului de rouă [5].

La ambele aparate capul de măsură este din sticlă fiind spălat în exterior de gazele de ardere, iar în interior de un curent de aer care

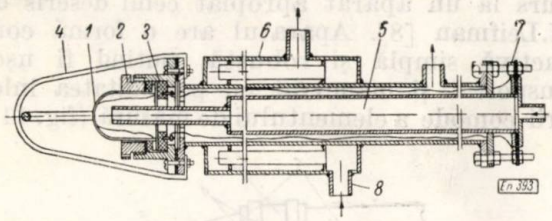


Fig. 6. Aparatul VTI pentru determinarea punctului de rouă :

1 — cap de măsură din sticlă ; *2* — element de fixare ; *3* — inel izolant ; *4* — grătar de protecție ; *5* — tub pentru alimentare cu aer de răcire ; *6* — cămașă de răcire cu apă ; *7* — placă de borne ; *8* — racord pentru apă.

asigură răcirea. Conductibilitatea superficială se determină cu doi electrozi de platină. Temperatura peretelui se măsoară la unul din aparate cu o termocuplă de Pt—Pt/Rh, iar la cel de-al doilea cu un termometru cu rezistență,

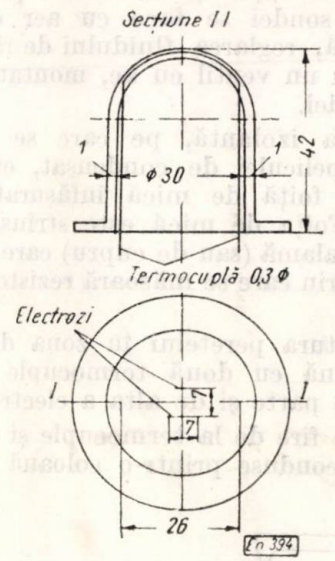


Fig. 7. Elementul de măsură al aparatului VTI.

elementul de măsură fiind în acest caz un fir de platină cu diametrul de 0,1 mm înglobat în sticlă.

Aparatul folosit în U.R.S.S. pentru măsurări, executate de VTI, este prezentat în figura 6 [6]. Un aparat similar a fost folosit și în cursul cercetărilor executate în R.P.Bulgaria [7].

În figura 7 se dau detalii privind organul de măsură. Distanța între cei doi electrozi de platină, avînd grosimea de 0,4 mm, este de 7 mm. Termocupla este confecționată din sîrmă de 0,3 mm. Sticla termorezistentă folosită conține molibden. Aparatele descrise au dezavantajul că realizarea organelor de măsură prezintă dificultăți constructive apreciabile. O sondă de măsură mai simplă este descrisă de M.I.Leifman [8]. Un aparat de același gen este folosit de I.R.M.E. în cadrul experimentărilor inițiate în acest domeniu.

Metode de determinare a punctului de rouă

Conform recomandărilor VTI rezistența de izolație între electrozi se determină cu o punte de curent alternativ de 10 MΩ. În cadrul măsurării se determină rezistența superficială dintre electrozi, funcție de temperatura peretelui de sticlă. În acest scop se fac citiri simultane ale rezistenței și temperaturii.

Măsurarea începe la temperaturi superioare punctului de rouă. La aceste temperaturi rezistența sticlei uscate dintre electrozi depă-

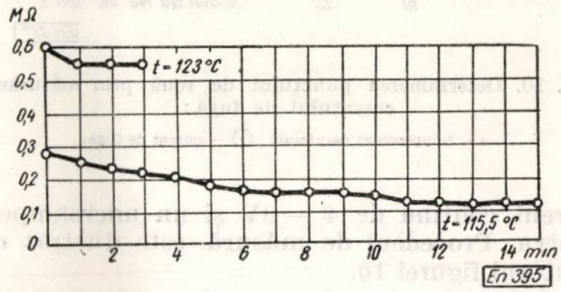


Fig. 8. Modificarea rezistenței de izolație în timp la diferite temperaturi ale peretelui de sticlă.

șește 10 MΩ. În continuare temperatura peretelui de sticlă scade în mod succesiv, mărindu-se debitul sursei de răcire. La atingerea unor temperaturi suficient de scăzute rezistența de izolație va începe să scadă. Se menține apoi neschimbată temperatura pînă la stabilizarea rezistenței. Din figura 8 se poate vedea că stabilirea valorii finale a rezistenței se produce în decurs de mai multe minute. Citirea punții se face la intervale de 30 — 60s.

Cu ajutorul valorilor astfel obținute se construește caracteristica $R=f(t)$. Pentru exemplificare se arată caracteristica din figura 9.

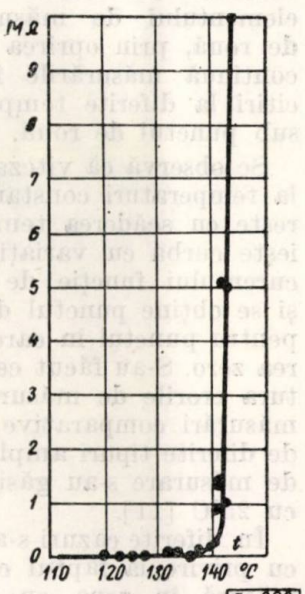


Fig. 9. Variația rezistenței peliculei de rouă funcție de temperatura peretelui de sticlă.

Se disting două ramuri : una apropiată de orizontală, cealaltă de verticală. Drept punct de rouă, în metodica VTI, se definește în mod

convenţional temperatura corespunzătoare porţiunii inferioare a zonei ascendente (la circa 1 MΩ).

În alte cercetări [5] punctul de rouă este determinat pe baza măsurării curentului de fugă dintre electrozi. Se foloseşte o sursă de

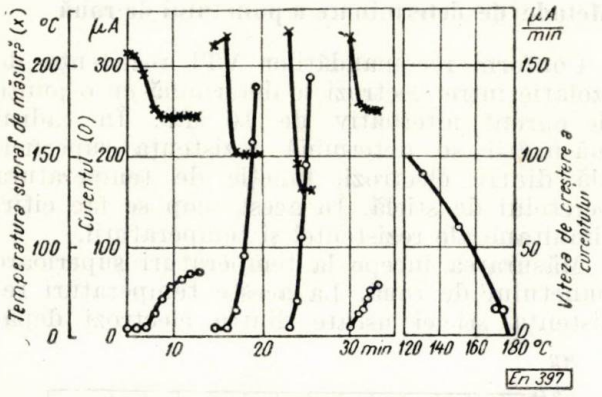


Fig. 10. Determinarea punctului de rouă prin măsurarea curentului de fugă:

x – temperatura peretelui; ⊙ – curent de fugă.

curent continu de 4 — 8V şi un microampermetru. Procedeul de măsură este ilustrat cu ajutorul figurei 10.

Sonda de măsură se introduce în canalul de gaze, fără răcire. Curentul de fugă este apropiat de zero. Prin deschiderea circuitului de răcire se obţine răcirea peretelui pînă la o valoare întrucîtva inferioară punctului de rouă prezumtiv; se menţine constantă temperatura peretelui şi se citeşte din minut în minut valoarea curentului. Se readuce temperatura elementului de măsură deasupra punctului de rouă, prin oprirea aerului de răcire, şi se continuă măsurările în acelaşi fel făcîndu-se citiri la diferite temperaturi din zona aflată sub punctul de rouă.

Se observă că viteza de creştere a curentului la temperaturi constante ale peretelui se măreşte cu scăderea temperaturilor. Se construieşte curba cu variaţia vitezei de creştere a curentului funcţie de temperaturile peretelui şi se obţine punctul de rouă prin extrapolare pentru punctul în care creşterea atinge valoarea zero. S-au făcut cercetări pentru a se înlătura erorile de măsură, frecvent sesizate. La măsurări comparative făcute cu cinci aparate de diferite tipuri amplasate în aceleaşi condiţii de măsurare s-au găsit rezultate ce au diferit cu 25°C [11].

În diferite cazuri s-au făcut sesizări [1 si 10] cu privire la faptul că amplasarea sondei de măsură în zona cu viteze insuficiente (sub 3—4 m/s) a dus la falsificarea rezultatelor măsurărilor, determinîndu-se în locul punctului de rouă temperatura de condensare a vaporilor de apă. Rezultate bune s-au obţinut la viteze de peste 8 — 10 m/s. Temperatura gazelor în locul de măsură trebuie să depăşească temperatura de rouă prezumată.

Măsurările iniţiate de I.R.M.E. în vederea determinării punctului de rouă

După mai multe încercari preliminare s-a recurs la un aparat apropiat celui descris de M.I.Leifman [8]. Aparatul are o formă constructivă simplă şi robustă, putînd fi uşor transportat şi manevrat cu posibilitatea înlocuirii comode a elementului de măsură (fig. 11).

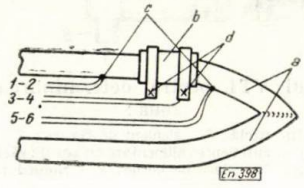


Fig. 11. Aparat pentru determinarea punctului de rouă: a – ţevi răcite; b – rondelă de mică; c – termocuple; d – electrozi.

Sonda de măsură are forma unui tub U de circa 1700 mm executat din două ţevi metalice îndoite la un capăt şi asamblate prin sudură.

Răcirea sondei se face cu aer comprimat sau cu apă, reglarea fluidului de răcire realizîndu-se cu un ventil cu ac, montat la un capăt al sondei.

Suprafaţa izolantă, pe care se urmăreşte stabilirea peliculei de condensat, este formată dintr-o foiţă de mică înfăşurată pe una din ţevi. Foiţa de mică este strînsă cu două brăţări de alamă (sau de cupru) care constituie electrozii prin care se măsoară rezistenţa superficială.

Temperatura peretelui în zona de măsurat se determină cu două termocuple Fe-Const., fixate de o parte şi de alta a electrozilor.

Cele şase fire de la termocuple şi de la electrozi sînt conduse printr-o coloană din mate-

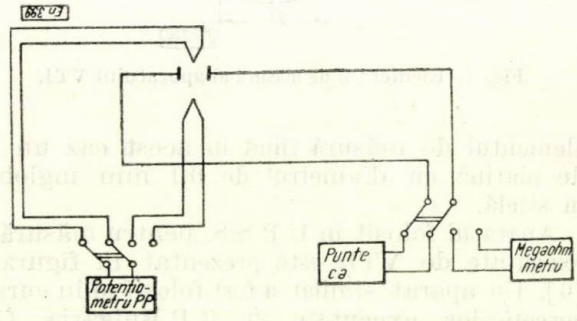


Fig. 12. Schemă pentru determinarea punctului de rouă.

rial ceramic la placa de borne. Schema de măsură este reprezentată în figura 12. Rezistenţa de izolaţie se determină pe două căi cu un megohmetru de 1 000V şi o punte de curent

alternativ de 10 MΩ. La măsurările de peste 5 — 10 M Ω se foloseşte megohmetrul.

Măsurările experimentale au început la sfîrşitul anului 1961.

Rezultatele unor determinări a punctului de rouă

Pe baza a numeroase măsurări efectuate de VTI s-a stabilit ordinul de mărime al punctului de rouă funcţie de conţinutul de sulf al combustibilului [1 şi 6]. În figura 13 se arată

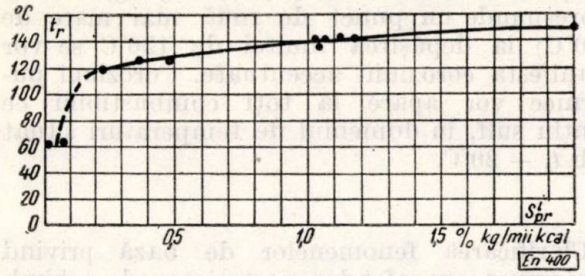


Fig. 13. Variaţia punctului de rouă în funcţie de conţinutul de sulf din combustibil la funcţionare pe cărbune şi păcură.

dependenţa între punctul de rouă şi conţinutul de sulf raportat la puterea calorifică, la funcţionare pe cărbune şi păcură. Curba este trasată pe baza rezultatelor medii.

Pentru o valabilitate mai generală s-a experimentat punctul de rouă sub forma :

$$t_r = t_c + \Delta t_r\ ,\ °C \qquad (2)$$

unde,

t_c este temperatura de condensare a vaporilor de apă ;

Δt_r — diferenţa de temperatură peste temperatura de condensare a vaporilor de apă.

În mod explicit :

$$t_r = t_c + \frac{\beta \sqrt[3]{S^i_{pr}}}{1{,}05 a_{ev} A^i_{pr}}\ ,\ °C \qquad (3)$$

unde :

β=129 la un exces α=1,4—1,5, respectiv,

β=121 în cazul în care α=1,2 ;

S^i_{pr} — conţinutul de sulf din combustibil raportat la puterea calorifică %, kg/mii kcal ;

a_{ev} — fracţiunea corespunzătoare din cenuşa combustibilului, antrenată din focar ;

A^i_{pr} — conţinutul de cenuşe din combustibil raportat la puterea calorifică %, kg/mii kcal.

În cazul funcţionării pe combustibili lipsiţi de cenuşe :

$$t_r' = t_c + \beta \sqrt[3]{S^i_{pr}}\ °C = t_c + \Delta t_r' \qquad (4)$$

unde : $\Delta t_r'$ este diferenţa de temperatură suplimentară în cazul combustibililor lipsiţi de cenuşă,

$$\Delta t_r = \frac{\Delta t_r'}{1{,}05\ a_{ev} \cdot A^i_{pr}}\ °C. \qquad (5)$$

Valoarea termenului $\Delta t_r' = \beta \sqrt[3]{S^i_{pr}}$ se poate determina din figura 14.

Dintre factorii de exploatare care au o influenţă specială se menţionează nearsele mecanice

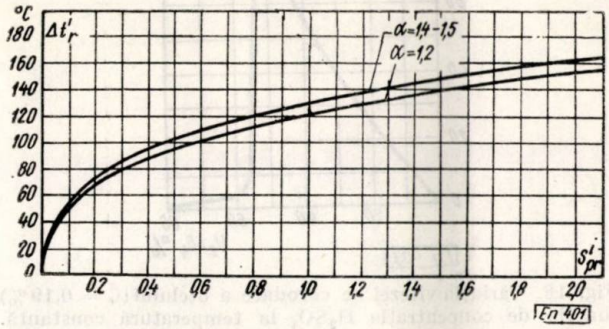


Fig. 14. Diferenţa de temperatură suplimentară peste temperatura de condensare la combustibili lipsiţi de cenuşe.

care contribuie la micşorarea punctului de rouă, carbonul avînd o acţiune de absorbţie a SO_3 (fig. 15).

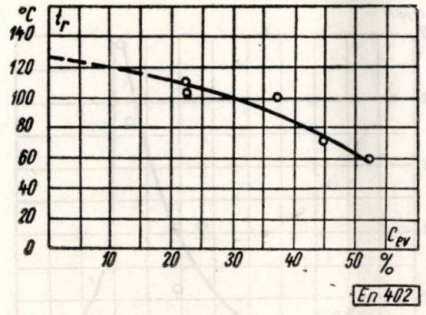


Fig. 15. Relaţia între punctul de rouă şi procentul de nearse mecanice din cenuşa volantă.

Coroziunea suprafeţelor de schimb de căldură la funcţionarea sub punctul de rouă

În cazul funcţionării suprafeţelor schimbătoare de căldură sub temperatura de rouă are loc procesul de corodare al acestora. În unele zone de temperatură, viteza procesului de coroziune este atît de mare încît se ajunge la perforarea pereţilor în decurs de cîţiva ani. În aceste domenii de temperatură se ating viteze de coroziune de ordinul 0,6—1 mm/an. În alte domenii de temperatură viteza de coroziune este relativ scăzută fiind de circa 0,1 mm/an.

Cercetările efectuate de diverşi cercetatori au avut ca scop determinarea zonei puţin periculoase în care procesul de coroziune nu ia proporţii.

Pentru determinarea vitezei de coroziune au fost executate măsurători cu sonde răcite care au fost menținute în curentul de gaze la diferite temperaturi [9, 12 și 13]. Viteza de coroziune s-a stabilit pe baza cîntăririi metalului sau pe baza măsurării produselor de coroziune.

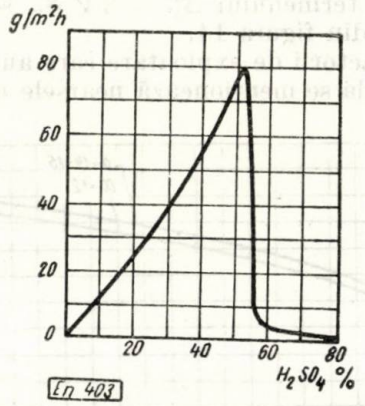


Fig. 16. Variația vitezei de corodare a oțelului (C = 0,19%) funcție de concentrația H_2SO_4 la temperatură constantă.

Conform rezultatelor obținute de VTI [1] viteza de coroziune depinde de cantitatea de precipitat, concentrația acidului din peliculă și temperatura peretelui. Viteza de coroziune crește în mod exponențial cu temperatura. Ea

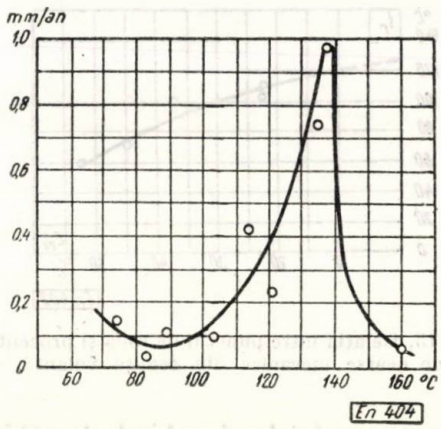


Fig. 17. Variația vitezei de coroziune funcție de temperatura peretelui la un cărbune avînd punctul de rouă 142—143°C.

variază în mod accentuat funcție de concentrația acidului din peliculă, înregistrînd o creștere pe măsura măririi concentrației, avînd un maxim la concentrație de 56%, urmată de o scădere pînă la valori reduse în domeniul concentrațiilor mai mari. (fig. 16).

Creșterea influenței unora din factorii enumerați duce la intensificarea fenomenului de coroziune. Astfel s-a constatat că procesul de coroziune se accentuează în zona temperaturilor ce depășesc 110—120°C ca urmare a efectului temperaturii mărite, observîndu-se totodată o mărire a vitezei de coroziune în zona de temperaturi aflată sub 60—70°C, legată de scăderea concentrației acidului și mărirea cantității de precipitat (fig. 17).

Pe baza acestor rezultate se poate stabili că intervalul de temperaturi de 75—105°C nu este periculos pentru funcționarea suprafețelor de recuperare. În toate cazurile în care combustibilul conține sulf în cantitate $S^i_{pr} \geqslant 0{,}20\%$ kg/mii kcal (corespunde un punct de rouă mai mare de 120°C) la depășirea limitei de 120°C se vor manifesta coroziuni accentuate. Coroziuni puternice vor apare la toți combustibilii ce conțin sulf, în domeniul de temperaturi situat sub $t_c + 20$°C.

*

Clarificarea fenomenelor de bază privind coroziunea suprafețelor posterioare de schimb de căldură a permis găsirea unor căi de combatere a neajunsurilor ce se produc în acest domeniu. Soluțiile folosite sînt următoarele:

a) evitarea funcționării în zonele periculoase prin recirculație de aer cald, preîncălzirea regenerativă a aerului etc.;

b) folosirea de metale rezistente la coroziune sau emailate;

c) luarea unor măsuri pentru scăderea punctului de rouă prin adaosuri care previn formarea, absorb sau neutralizează trioxidul de sulf.

Bibliografie

[1] Kuznețov, N. V.: *Problemele exploatării și perfecționării suprafețelor de convecție ale agregatelor de cazane.* Gosenergoizdat, 1958.
[2] Cerbe, G. În: Electrificare și electrotehnică, nr. 5, 1959, după Gaswärme 7, nr. 7, 1958.
[3] Gumz, W. În: BWK *11*, nr. 9, 1959.
[4] Gumz, W. În: BWK *9*, nr. 3, 1957.
[5] Rögener, H. În: BWK *9*, nr. 3, 1957.
[6] Petrosian, P. A. În: Teploenergetica *5*, nr. 2,1958.
[7] Hristov, H. În: Economia de energie *2*, nr. 2, 1961, după Electroenerghia *11*, nr. 6, 1960.
[8] Leifman, I. M. În: Teploenerghetica *7*, nr. 8, 1960.
[9] Petrosian, P. A. În: Teploenerghetica *4*, nr. 12, 1957.
[10] Kliaciko, B. I. În: Elektriceskie stanții *30*, nr. 2, 1959.
[11] Rögener, H. În: Mitteilungen der VGB, nr. 68, 1960.
[12] Kliaciko, B. I. și Sucikov, V. I. În: Elektriceskie stanții, *31*, nr. 2, 1960.
[13] Alexander, P. A., Fielder, R. S., ș. a. În: Journal of the Institute of Fuel, *33*, nr. 228, 1960.

Cîteva probleme de calcul numeric ce apar în cazul determinării regimurilor de funcţionare ale reţelelor buclate cu ajutorul maşinilor electronice cifrice

ALEXANDRU PETROIANU *

Rezolvarea problemelor de sisteme electroenergetice la nivelul actual al ştiinţei şi tehnicei cere colaborarea unor discipline diferite.

Astfel determinarea regimurilor de funcţionare în reţelele buclate impune folosirea mijloacelor moderne de calcul cum ar fi calculatoarele numerice. Inginerul de sisteme electroenergetice este obligat să cunoască performanţele şi posibilităţile de calcul ale acestora, să aibă noţiuni de programare şi calcul numeric pentru a-şi putea expune problema în forma cea mai potrivită rezolvării şi într-un mod accesibil specialiştilor din domeniul calculatoarelor numerice asigurîndu-se astfel o colaborare competentă [1 şi 2].

În cele ce urmează vom analiza cîteva probleme de calcul numeric ce apar în cazul rezolvării sistemelor de ecuaţii, corespunzînd regimurilor de funcţionare ale reţelelor buclate, prin metode iterative.

în care :

A este matricea admitanţă ;

x — vectorul necunoscutelor ale cărui componente sînt potenţialele nodurilor reţelei faţă de un nod de referinţă ales ;

y — vectorul cunoscutelor ale cărui componente sînt curenţii injectaţi în nodurile reţelei.

În cazul rezolvării prin metode iterative liniare sistemul de ecuaţii (1) se poate scrie sub forma :

$$x^{k+1} = B^k \cdot x^k + c^k \qquad (2)$$

în care

x^k, x^{k+1} sînt vectorii necunoscutelor după cea de a k, respectiv $k+1$ iteraţie ;

B^k — matrice de ordinul n, în general funcţie de A şi k ;

c^k — vector, în general funcţie de A, y şi k.

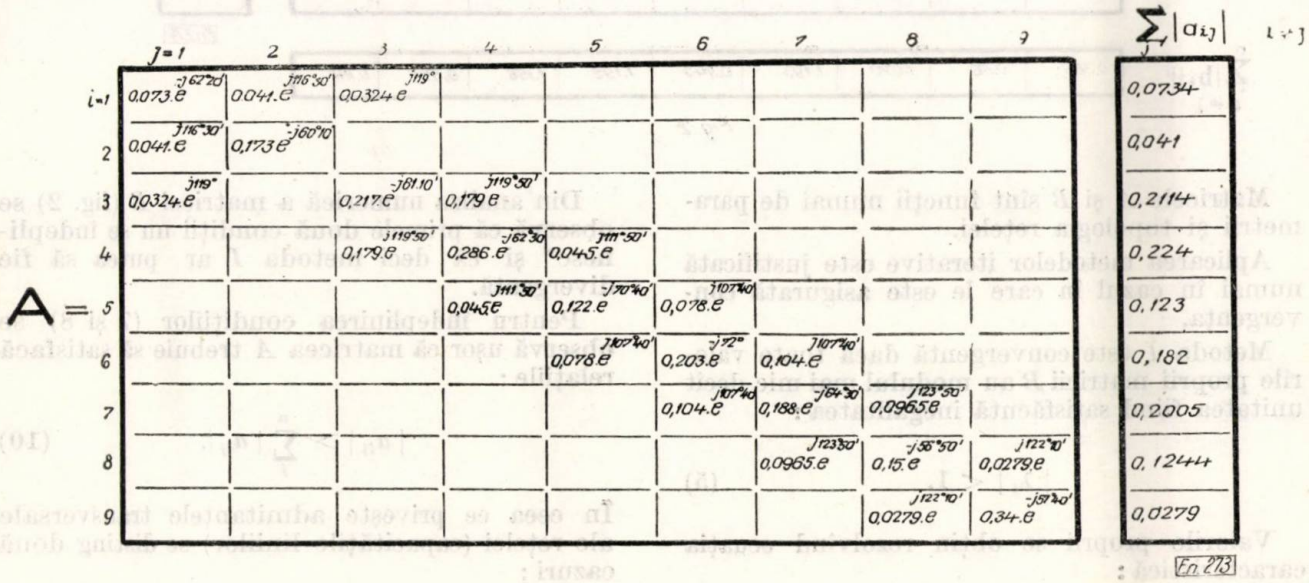


Fig. 1.

1. Analizarea metodelor iterative I şi II în cazul în care matricea A este funcţie numai de parametrii reţelei (3)

Sistemul de ecuaţii lineare ce *modelează matematic* condiţiile de echilibru al reţelei electrice se scrie *sub forma*

$$Ax = y, \qquad (1)$$

Metoda iterativă *I* sau a iteraţiei simple se caracterizează prin faptul că :

— este staţionară ($B^k = B$) ;

— componentele vectorului necunoscutelor unei iteraţii sînt funcţie numai de vectorul necunoscutelor din iteraţia precedentă.

Pentru aplicarea metodei este necesară transformarea sistemului de ecuaţii lineare (1) şi (2).

* A. Petroianu este *şeful serviciului tehnic la Unitatea productivă dispecer energetic din Bucureşti.*

Se folosesc relațiile :

$$b_{ij} = \delta_{ij} - \frac{a_{ij}}{a_{ii}}, \tag{3}$$

$$c_i = \frac{y_i}{a_{ii}}, \tag{4}$$

unde δ_{ij} sînt simbolii lui Kronecher.

Pentru matricea A (fig. 1) corespunzătoare uneia din rețelele sistemului energetic național s-a calculat matricea B (fig. 2).

De aceea în practică se folosește, pentru a asigura că metoda I este convergentă, următoarele trei condiții suficiente (nu și necesare) :

$$\sum_{j}^{n} | b_{ij} | < 1 \quad i = 1,2 \ldots n, \tag{7}$$

$$\sum_{i}^{n} | b_{ij} | < 1 \quad j = 1,2 \ldots n, \tag{8}$$

$$\sum_{i,j}^{n} b_{ij}^2 < 1 \quad i, j = 1,2 \ldots n. \tag{9}$$

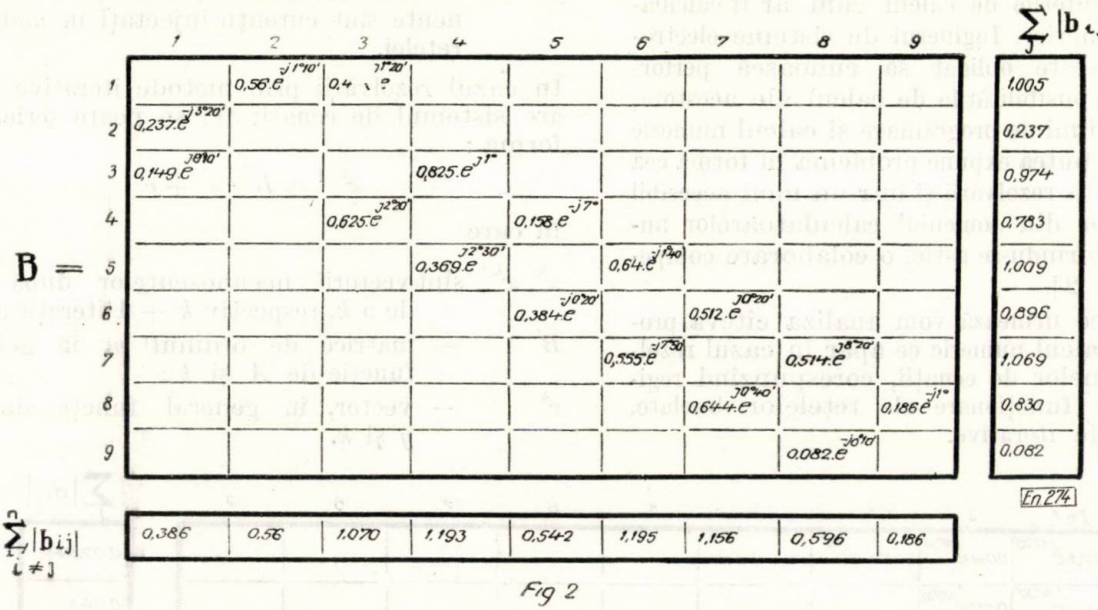


Fig 2

Matricele A și B sînt funcții numai de parametrii și topologia rețelei.

Aplicarea metodelor iterative este justificată numai în cazul în care le este asigurată convergența.

Metoda I este convergentă dacă toate valorile proprii matricii B au modulul mai mic decît unitatea fiind satisfăcută inegalitatea :

$$| \lambda_i | < 1. \tag{5}$$

Valorile proprii se obțin rezolvînd ecuația caracteristică :

$$\varphi(\lambda) = |\lambda I - B| = 0. \tag{6}$$

în care :

λ este matricea diagonală a valorilor proprii ;

I — matricea unitate.

Determinarea valorilor proprii este însă o problemă ce depășește cu mult ca volum de calcul, pe cea a însăși rezolvării sistemului de ecuații lineare (1).

Din analiza numerică a matricei B (fig. 2) se observă că primele două condiții nu se îndeplinesc* și că deci metoda I ar putea să fie divergentă.

Pentru îndeplinirea condițiilor (7 și 8) se observă ușor că matricea A trebuie să satisfacă relațiile :

$$| a_{ii} | > \sum_{j}^{n} | a_{ij} |. \tag{10}$$

În ceea ce privește admitanțele transversale ale rețelei (capacitățile liniilor) se disting două cazuri :

a. Efectul capacitiv al liniei este considerat sub forma unei sarcini reactive suplimentare constante introdusă la capete.

În acest caz modulul termenului după diagonala matricei A poate fi cel mult egal ($r_i/x_i = const.$) (4) cu suma modulelor termenilor nediagoanli, iar în general inferior deoarece modulul sumei vectoriale este mai mic decît suma modulelor vectorilor.

* Din această cauză s-a renunțat la verificarea condiției (9).

b. Efectul capacitiv al liniei este considerat sub forma unei admitanțe constante introdu-să la capete.

În acest caz termenul după diagonala matricei A este constituit din suma termenilor nediagonali la care se adaugă un termen suplimentar determinat de capacitatea liniei.

Modulul termenului după diagonală s-ar mări (față de cazul a) numai dacă argumentul termenului suplimentar ar diferi de argumentul termenilor nediagonali cu mai puțin de 90°.

Întrucît însă argumentul termenului suplimentar este de 90°, iar argumentul termenilor nediagonali variază între 300 — 280° (întrucît este vorba de admitanțe) diferența dintre argumente depășește 90° astfel încît termenul suplimentar micșorează modulul termenului după diagonală.

Rezultă că considerarea efectului capacitiv al liniilor sub forma unei admitanțe constante înrăutățește condițiile de convergență ale metodei I.

Din cele două cazuri analizate (a și b) rezultă neîndeplinirea condițiilor (7) și (8) din care cauză folosirea metodei I apare ca nejustificată.

Metoda iterativă II (Seidel-Gauss) se caracterizează prin faptul că:

— este staționară;

— componentele vectorului necunoscutelor sînt funcție nu numai de vectorul necunoscutelor din iterația precedentă dar și de componentele aflate anterior al aceluiași vector.

Formula de calcul, în cazul aplicării metodei II este:

$$x_i^{k+1} = -\sum_{j=1}^{i-1} \frac{a_{ij}}{a_{ii}} x_j^{k+1} - \sum_{j=i+1}^{n} \frac{a_{ij}}{a_{ii}} x_j^k + \frac{y_i}{a_{ii}} \quad (11)$$

ceea ce arată că matricea B este comună ambelor metode.

Spre deosebire însă de metoda I condiția necesară pentru asigurarea convergenței în cazul metodei II este ca valorile proprii ale matricei:

$$-(L + M)^{-1} N$$

să aibă modulele mai mici decît unitatea unde:

L este matrice diagonală compusă din elementele după diagonala matricei A;

M — matrice compusă din elementele aflate sub diagonala matricei A.

N — matrice compusă din elementele aflate deasupra diagonalei matricei A.

Între matricile L, M, N, A există relația:

$$A = L + M + N. \quad (12)$$

Verificarea criteriului de convergență în cazul metodei II este însă și mai dificil decît în cazul metodei I deoarece înainte de rezolvarea ecuației caracteristice:

$$\varphi(\lambda) = |\lambda I + (L + M)^{-1} \cdot N| = 0 \quad (13)$$

mai sînt necesare operații de adunare, inversiune și înmulțire de matrici.

De aceea, în practică, se folosește o serie de alte criterii, mai simple, altele chiar empirice pentru asigurarea convergenței metodei II.

Se arată că metoda Seidel-Gauss este convergentă în cazul cînd matricea A este simetrică și pozitiv definită. Într-o altă lucrare [5] s-a arătat că această condiție pentru matricea considerată nu este îndeplinită.

De asemenea se arată că condițiile (7) și (8) sînt în același timp condiții suficiente de convergență și pentru metoda II.

Din analiza numerică a matricei B a rezultat însă că aceste condiții nu sînt îndeplinite.

În sfîrșit, în literatura de specialitate [6], [7], [8] și [9] se recomandă folosirea metodei II în cazul dominației puternice a diagonalei matricei A ceea ce de asemenea nu se îndeplinește în cazul de față.

Din cele de mai sus rezultă că metoda II nu este indicată pentru a fi folosită în cazul matricei A funcție numai de parametrii rețelei.

2. Analizarea metodelor iterative I și II în cazul în care matricea A este funcție de parametrii și regimul de funcționare al rețelei

Din cele de mai sus a rezultat necesitatea măririi termenilor după diagonala matricei A ca măsură pentru asigurarea convergenței metodelor iterative.

Acest lucru este posibil, ținînd seama de specificul ecuațiilor de echilibru al sistemului electroenergetic, prin exprimarea curenților injectați în noduri — partea dreaptă a sistemului de ecuații (1) — funcție de tensiunea și puterea din nodul respectiv [10], [11] și [12]. Sistemul de ecuații (1) se poate scrie:

$$\left\{ a_{11} - \frac{S_1^*}{\sqrt{3}\,[C^* \cdot x_1^{k-1} + |x_1^{k-1}|^2]} \right\} x_1^k + a_{12} x_2^k + \\ + \ldots + a_{1n} x_n^k = 0$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

$$a_{n1} x_1^k + a_{n_2} x_2^k + \ldots + \\ + \left\{ a_{nn} - \frac{S_n^*}{\sqrt{3}\,[C^* \cdot x_n^{k-1} + |x_n^{k-1}|^2]} \right\} x_n^k = 0$$

în care:

a_{ii}, a_{ii} — elemente ale matricei A, funcții de parametrii rețelei;

C — tensiunea nodului de referință față de pămînt;

C^* — valoarea conjugată a numărului complex C;

x_i^k — tensiunea necunoscută a nodului „i" față de nodul de referință în cea de a k — a iterație;

S_i — puterea injectată în nodul i;

S_i^* — valoarea conjugată a numărului complex S_i.

S-au considerat condițiile la nodurile rețelei ca fiind caracteristici voltamperice hiperbolice (13) exprimate prin relația:

$$S_i = \sqrt{3} \cdot U_i I_i^*. \qquad (15)$$

Analiza numerică a matricei A pentru $k = 0$ (fig. 3) arată că:

— diagonala variază la fiecare iterație $A = A(k)$. Prin aceasta metodele I și II deși staționare se aplică unei matrice variabile, ceea ce complică analiza acestora;

— introducerea condițiilor la noduri în matricea A, îi mărește puternic diagonala.

Această concluzie este valabilă pentru toată gama variației lui k, dat fiind valoarea numerică mică a componentelor vectorului x în raport cu S și C.

Procesul iterativ se poate începe de la orice valoare a vectorului x, exceptînd însă $x = 0$.

În ceea ce privește influența modulului considerării capacității liniei asupra vitezei de convergență a metodelor iterative, concluziile paragrafului precedent nu mai sînt valabile deoarece diagonala matricei A_k este rezultatul scăderii a doi termeni dintre care unul are argumentul variabil at t de la iterație la iterație cît în special de la nod la nod și ceea ce pentru un nod poate mări diagonala pentru un altul o poate micșora.

De altfel această analiză nici nu mai are importanță practică, influența parametrilor asupra diagonalei fiind secundară în raport cu cea a regimului de funcționare.

Metoda iterativă I

Verificarea condițiilor (7) (8) și (9) pentru matricea $B^{k=0}$ calculată (fig. 4) arată că metodei I, în cazul nostru concret, îi este asigurată convergența.

Metoda iterativă II

Deoarece condițiile (7) și (8) sînt îndeplinite metoda II este convergentă. Fiind îndeplinită inegalitatea (10) metoda II este mai rapid convergentă decît metoda I [3].

3 Despre caracterul oscilatoriu al convergenței metodelor iterative

Îndeplinirea inegalității (5) pentru matricea B respectiv $-(L + M)^{-1}$. N asigură micșorarea asimtotică către zero a înfășurătoarei curbei erorilor. Caracterul curbei erorilor depinde însă nu numai de modulul valorilor proprii ci și de valoarea lor numerică.

Prezentarea calitativă a caracterului acestor curbe este dată în figura 5 [15]

Se observă că în timp ce pentru valorile reale a lui λ curba erorilor descrește în progresie geometrică, valoarea complexă a lui λ determină un caracter oscilatoriu al curbei erorilor [15].

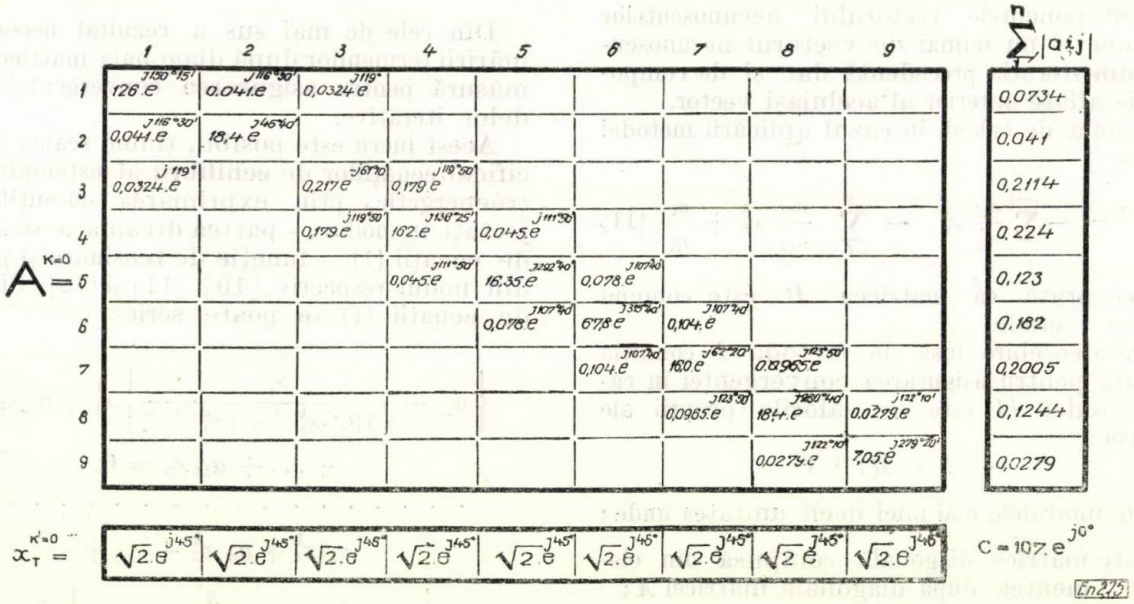


Fig. 3.

Caracterul oscilatoriu al convergenței metodei iterative Seidel-Gauss a fost remarcat în majoritatea lucrărilor care se ocupă de determinarea regimurilor de funcționare în rețelele buclate fără însă a i se arăta cauza [16].

Caracterul complex al valorilor proprii și deci caracterul oscilatoriu al convergenței metodelor iterative I și II sînt o urmare a faptului că matricile complexe B și $-(L + M)^{-1}$. N nu sînt hermitice (matricile hermitice au valorile proprii — reale).

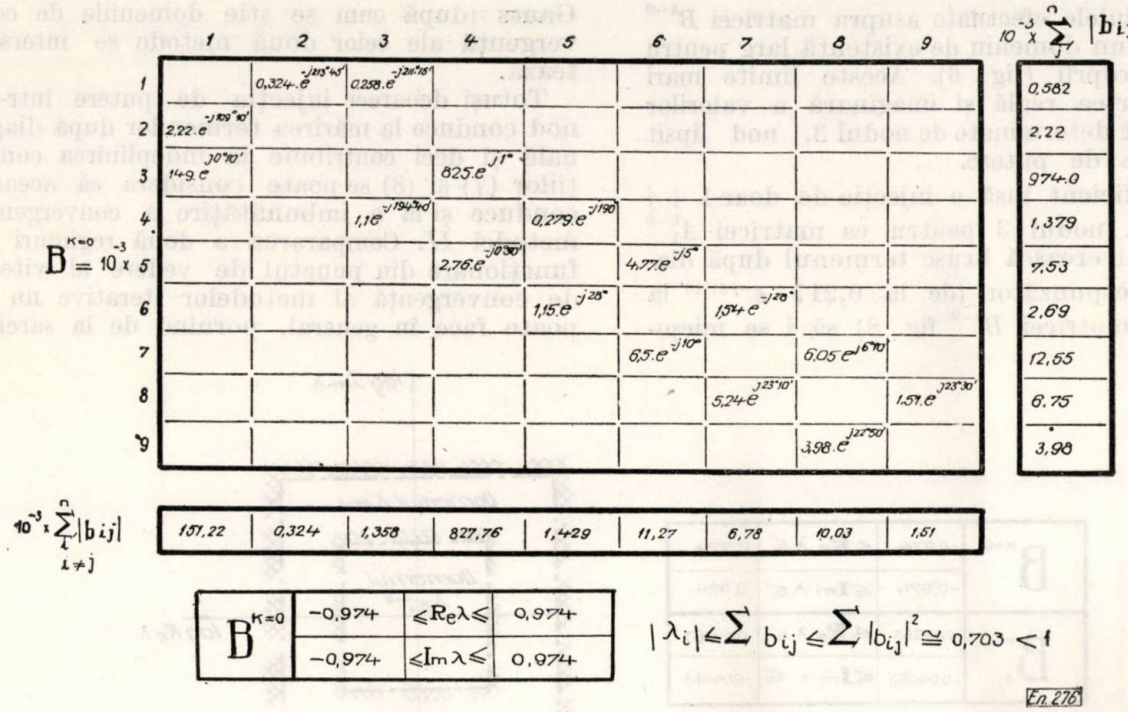


Fig. 4.

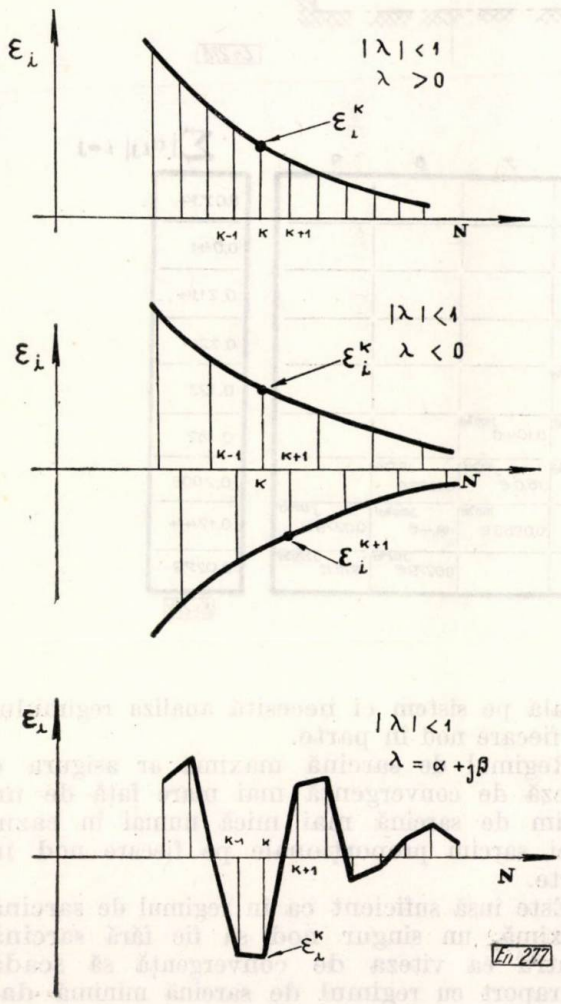


Fig. 5.

4. Influența regimului de funcționare asupra vitezei de convergență a metodelor iterative

Viteza de convergență către soluție a metodelor iterative este cu atît mai mare, cu cît modulul valorilor proprii este mai mic [17]. Rezultă că pentru a stabili efectul regimului de funcționare al rețelei asupra vitezei de convergență este necesar să se studieze variația valorilor proprii funcție de regim.

Deoarece, după cum s-a mai arătat determinarea valorilor proprii este foarte laborioasă, în practică se folosește o metodă indirectă de apreciere a variației valorilor proprii prin stabilirea limitelor de existență în planul complex.

Pe baza teoremei lui Brauer [18] se stabilesc următoarele formule de determinare a limitelor părții reale și imaginare a valorilor poprii:

$$min\{Re(a_{kk}) - P_k\} \leqslant Re(\lambda_\nu) \leqslant max.\{Re(a_{kk}) + P_k\} \qquad (16)$$
$$k = 1,2 \ldots n \qquad k = 1,2 \ldots n$$

$$min\{Im(a_{kk}) - P_k\} \leqslant Im(\lambda_\nu) \leqslant max\{Im(a_{kk}) + P_k\} \qquad (17)$$
$$k = 1,2 \ldots n \qquad k = 1,2 \ldots n$$

$$P_k = \sum_{j}^{h} |a_{kj}| \quad j \neq k. \qquad (18)$$

Pentru metoda iterativă I a cărei matrice B are diagonala zero este suficient, pentru localizarea domeniului valorilor proprii, determinarea sumei maxime a valorilor absolute dintr-un rînd (coloană) [19].

Din calculele efectuate asupra matricei $B^{k=0}$ a rezultat un domeniu de existență larg pentru valorile proprii (fig. 6). Aceste limite mari pentru partea reală și imaginară a valorilor proprii sînt determinate de nodul 3, nod lipsit de injecție de putere.

Este suficient însă o injecție de doar $1 + j$ 1 MVA în nodul 3 pentru ca matricei $A_1^{k=0}$ (fig. 7) să-i crească brusc termenul după diagonală corespunzător (de la $0{,}217 \cdot e^{-j\,61°10'}$ la $5{,}2\ e^{j\,180°}$ matricei $B_1^{k=0}$ fig. 8) să i se micșoreze termenii nediagonali corespunzători (de la $149\ e^{j\,0°10'}$ la $6{,}23\ e^{j\,119°}$; de la $825\ e^{j\,1°}$ la $34{,}4\ e^{j\,119°50'}$), iar limitele domeniului valorilor proprii să se micșoreze de aproape 25 ori (de la 0,974 la 0,04 fig. 6).

Micșorarea domeniului de existență a lui λ poate fi considerat și ca un indice de micșorare a modulului său.

Faptul însă că metoda iterației simple devine mai rapid convergentă nu este un criteriu de apreciere asupra convergenței metodei Seidel-Gauss (după cum se știe domeniile de convergență ale celor două metode se intersectează.

Totuși deoarece injecția de putere într-un nod conduce la mărirea termenilor după diagonală și deci contribuie la îndeplinirea condițiilor (7) și (8) se poate considera că aceasta conduce și la o îmbunătățire a convergenței metodei *II*. Compararea a două regimuri de funcționare din punctul de vedere al vitezei de convergență al metodelor iterative nu se poate face în general, pornind de la sarcina totală pe sistem ci necesită analiza regimului pe fiecare nod în parte.

Regimul de sarcină maximă ar asigura o viteză de convergență mai mare față de un regim de sarcină mai mică numai în cazul unei sarcini proporționale pe fiecare nod în parte.

Este însă suficient ca în regimul de sarcină maximă, un singur nod să fie fără sarcină pentru ca viteza de convergență să scadă în raport cu regimul de sarcină minimă dar în care fiecare nod are sarcină.

$B^{k=0}$	-0,974	$\leq \mathrm{Re}\,\lambda \leq$	0,974
	-0,974	$\leq \mathrm{Im}\,\lambda \leq$	0,974
$B_1^{k=0}$	-0,04063	$\leq \mathrm{Re}\,\lambda \leq$	0,04063
	-0,04063	$\leq \mathrm{Im}\,\lambda \leq$	-0,04063

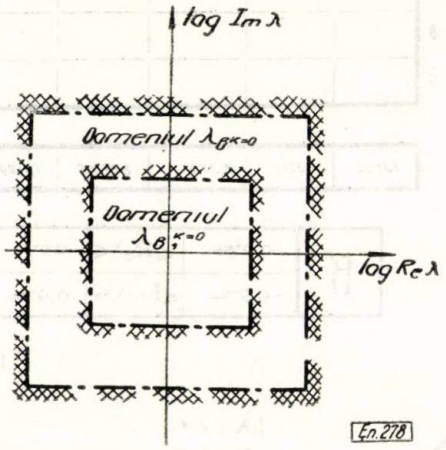


Fig. 6.

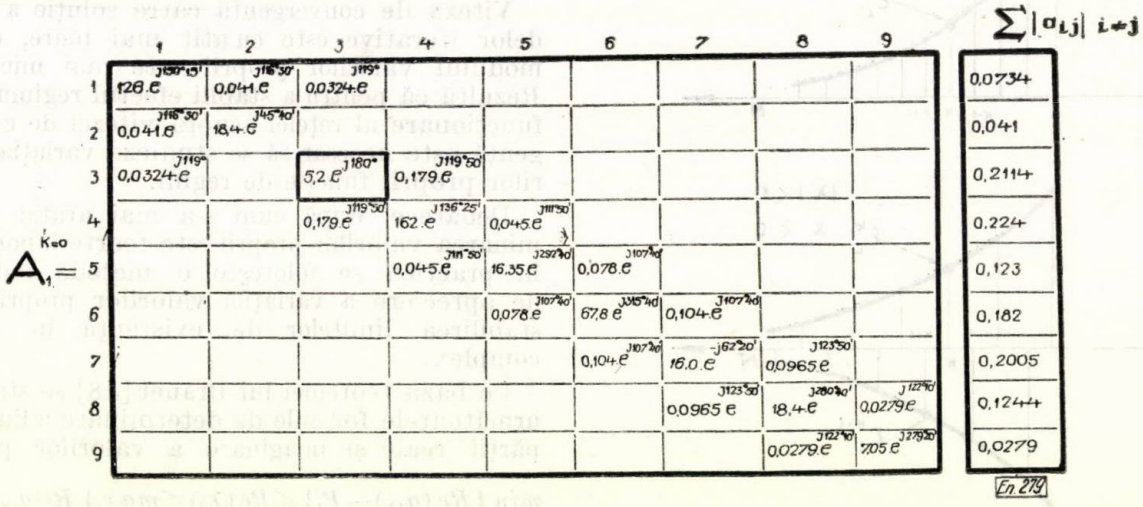


Fig. 7.

Poate este indicat ca în cazul în care există noduri fără injecție să se introducă în mod artificial un consum mic care fără a influența în mod simțitor rezultatele calculului să permită asigurarea convergenței.

2. Exprimarea matricei A ca funcție de parametrii rețelei și de regimul de funționare mărește puternic diagonala făcînd indicată folosirea metodelor iterative I și II.

3. Viteza de convergență a metodelor iterative depinde în primul rînd de regimul de funcționare al rețelei, parametrii rețelei avînd o influență secundară.

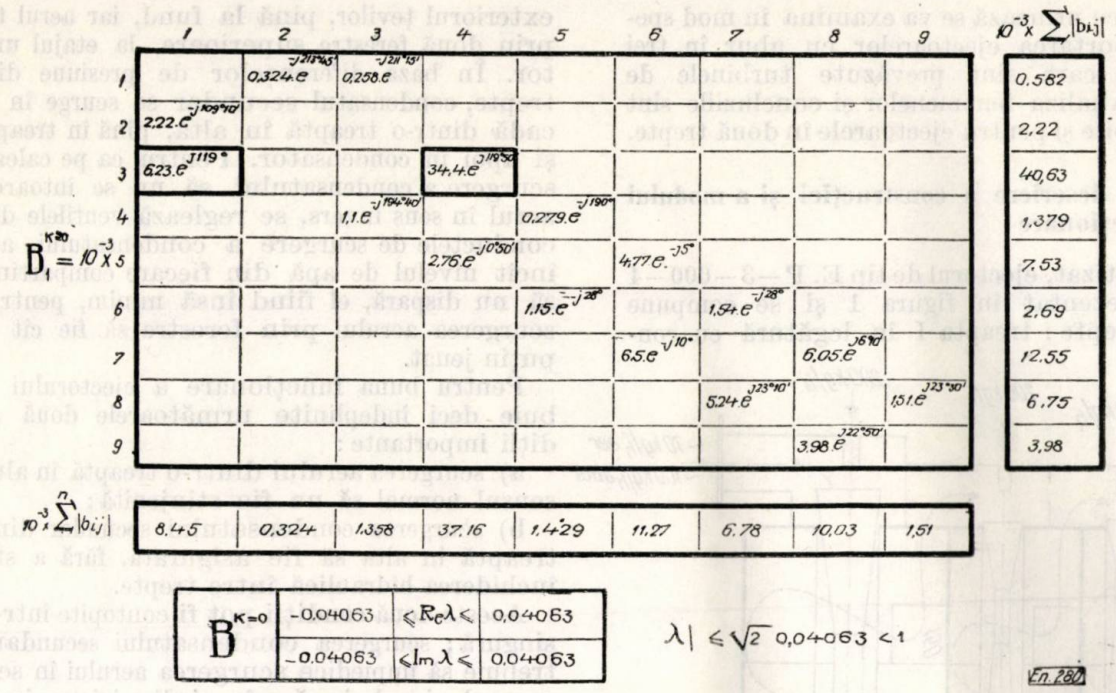


Fig. 8.

4. Caracterul oscilatoriu al convergenței metodelor iterative este determinat de faptul că matricile care intră în procesul iterativ nu sînt hermitice.

5. Concluzii

1. Folosirea metodelor iterative I și II nu este indicată în cazul matricei A funcție numai de parametrii rețelei.

Bibliografie

[1] Lebedev, P. D. *Rassiriat krugozor buduscevo injenera.* În: Vestnik vässih ucebnäh zavedenii, nr. 7, 1960.

[2] Venicov, V. A. *Meniaiutsia trebovania k kursu matematichi vo vtuzah.* În: Vestnik vässih ucebnäh zavedenii, nr. 10, 1959.

[3] Berezin, I. S., Jidkov, N. P. *Metodă văcislenii.* tom. II. În: Fizmatghiz, Moscova, 1959.

[4] Goruşkin, V. I. *Primenenie metoda posledovatelnäh priblijenii k rasciotu slojnäh elektriceskih țepei.* În: Elektroenerghetika, 1959, văp. 1.

[5] Petroianu, A. *Determinarea circulațiilor de putere într-o rețea buclată cu ajutorul calculului matricial.* Energetica, nr. 8, 1960.

[6] Bowie, O. L. *Practical Solution of simultaneous linear equations.* În: Quarterly of Applied Mathematics, vol. VIII, nr. 4 1951.

[7] Bodewig, E. *Matrix calcus.* North-Holland Publishing Company Amsterdam, 1956.

[8] Salvadori, M. Dj. *Cislennäe metodă v tehnikc.* Izdatelstvo inostrannoi literatură, Moscova, 1955.

[9] Faddeeva, V. N. *Văscilitelnäe metodă lineinoi alghebră.* Gostehizdat, Moscova 1950.

[10] Gillis, D. Mc. *Nodal iterative solution of Power-flow problem using IBM-604 digital computer.* În: Pwr. Appar. Syst. oct. nr. 32, 1957.

[11] Glimn, A. F. *Automatic calculation of load flows.* În: Pwr. Appar. Syst. oct. nr. 32, 1957.

[12] Dyrkacz, M. S. Maginiss, F. I. *A new automatic program for load flow studies on the IBM-704.* In: Pwr Appar Syst. nr. 41, 1959.

[13] Melnicov, N. A. *Calculul regimurilor de funcționare a rețelelor sistemelor electrice.* trad. l. rusă OPED. MEE, 1951,

[14] Biondi, E. și Occhini, E. *Applicazioni del metodo delle differenze finite allo studio di sistemi fisici continui in regime stazionario.* În: L Energia Elettrica, nr. 12, 1958.

[15] Zaguskin, V. L. *Spravocinik po cislennäm metodam reșenia uravnenii.* Fizmatghiz, 1960.

[16] Brown, R. J. și Tinney, W. F. *Digital solution for large Power Networks.* În: Pwr. Appar. Syst. nr. 30, iunie 1957.

[17] Liusternik, I. A. *Zamecenia k cislennomu reșeniu kraevăh zadaci uravnenii Laplace i văcisleniu sobst venăh znacenii metodom setok.* În: Trudă Matematiceskovo Instituta im. Steklova, tom. XX. 1947.

[18] Brauer, A. *Limits for the characteristic roots of a matrix.* În: Duke Mathematical Journal, sept. vol. **13**, nr. 3, 1946.

[19] Khan, N. A. *The characteristic roots of the product of matrices.* În: Quart. J. Math. Oxford Ser (2) 7, 1956.

Perturbații în exploatarea ejectoarelor și remedii posibile

*CONSTANTIN DINULESCU** — București

În cele ce urmează se va examina în mod special comportarea ejectoarelor cu abur în trei trepte, cu care sînt prevăzute turbinele de 50 MW. Analiza fenomenelor și concluziile sînt însă valabile și pentru ejectoarele în două trepte.

1. Scurtă descriere a construcției și a modului de funcționare

Schematizat, ejectorul de tip E. P—3—600—4 este reprezentat în figura 1 și se compune din trei trepte : treapta I în legătură cu con-

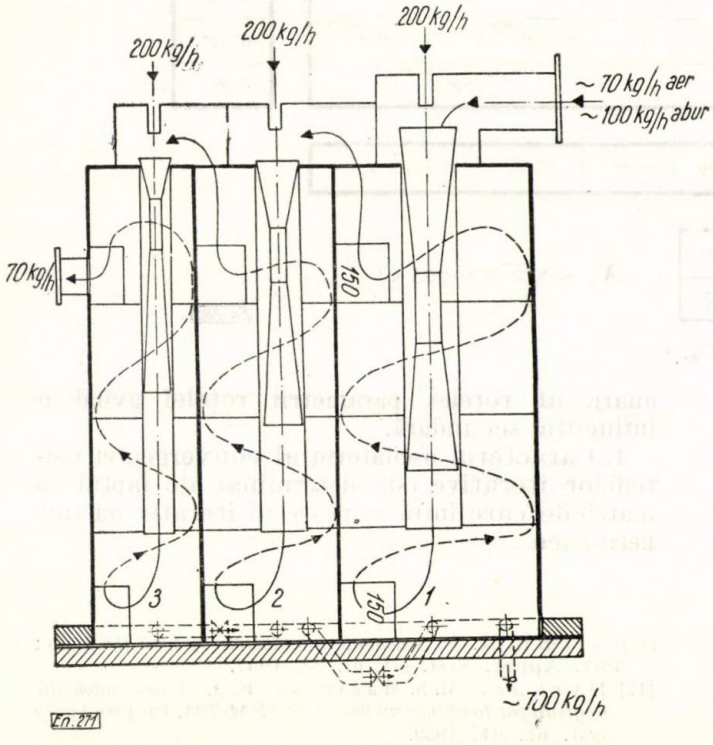


Fig. 1. Ejector în trei trepte tip E. P —3—600—4.

densatorul, treapta a III-a în legătură cu atmosfera și treapta a II-a intermediară. Fiecare treaptă are două compartimente laterale, în care se găsesc țevile de condensare, și un compartiment central, în care se găsește difuzorul treptei respective. Comunicația între compartimentul central și cele laterale are loc prin cîte o fereastră înaltă de 150 mm, situată la partea inferioară. Amestecul de aer și abur refulat de difuzorul unei trepte pătrunde prin ferestre în compartimentele de condensare; de aici, condensatul secundar se scurge în jos, pe exteriorul țevilor, pînă la fund, iar aerul trece prin două ferestre superioare, la etajul următor. În baza diferențelor de presiune dintre trepte, condensatul secundar se scurge în cascadă dintr-o treaptă în alta, pînă în treapta I și apoi în condensator. Pentru ca pe calea de scurgere a condensatului să nu se întoarcă și aerul în sens invers, se reglează ventilele de pe conductele de scurgere a condensatului, astfel încît nivelul de apă din fiecare compartiment să nu dispară, el fiind însă minim, pentru ca scurgerea aerului prin ferestre să fie cît mai puțin jenat.

Pentru buna funcționare a ejectorului trebuie deci îndeplinite următoarele două condiții importante :

a) scurgerea aerului dintr-o treaptă în alta în sensul normal să nu fie stînjenită ;

b) scurgerea condensatului secundar dintr-o treaptă în alta să fie asigurată, fără a strica închiderea hidraulică între trepte.

Aceste două condiții pot fi contopite într-una singură ; scurgerea condensatului secundar nu trebuie să împiedice scurgerea aerului în sensul normal, ci trebuie să o împiedice în sens invers.

2. Perturbații posibile în exploatare

a. Din cauze relativ ușor de stabilit :

— înfundarea totală sau parțială a duzelor cu rugină sau alte impurități aduse din conducta de abur care nu a fost suficient suflată la montaj ;

— înfundarea totală sau parțială a conductei de evacuare a condensatului secundar în condensor ;

— stricarea garniturii dintre placa inferioară și pereții separatori ai treptelor ;

— reducerea debitului de condensat principal ;

— reglarea incorectă a ventilelor de pe conductele de scurgere a condensatului secundar dintr-o treaptă în alta cu consecința fie de „înecare" a unei trepte prin creșterea nivelului de apă, fie de întoarcerea aerului dintr-o treaptă superioară într-una inferioară.

b. Dintr-o cauză constructivă sau de montaj „înecarea" ejectorului prin creșterea nivelului de condensat secundar în treapta I și apoi în celelalte.

3. Explicarea fenomenului de „înecare".

În condiții normale de exploatare și la o presiune în condensator de 0,05 ata (respectiv de 0,04 ata la intrarea în prima treaptă a ejectorului), presiunile ce se stabilesc la ieșirea

* C. Dinulescu este inginer la I.R.M.E.

din fiecare treaptă sînt de respectiv : 0,12 ata, 0,36 ata şi 1,07 ata.

Consumul normal de abur al fiecărei trepte fiind de 200 kg/h, iar debitul de abur antrenat cu aerul din condensator fiind de ordinul a 100 kg/h, înseamnă că debitul total de condensat secundar ce se scurge din treapta I în condensor este de 700 kg/h, respectiv de circa 0,72 m³/h.

Detaliul de scurgere din ejector, precum şi racordarea la condensor sînt indicate în figura 2. Închiderea hidraulică a acestei căi de

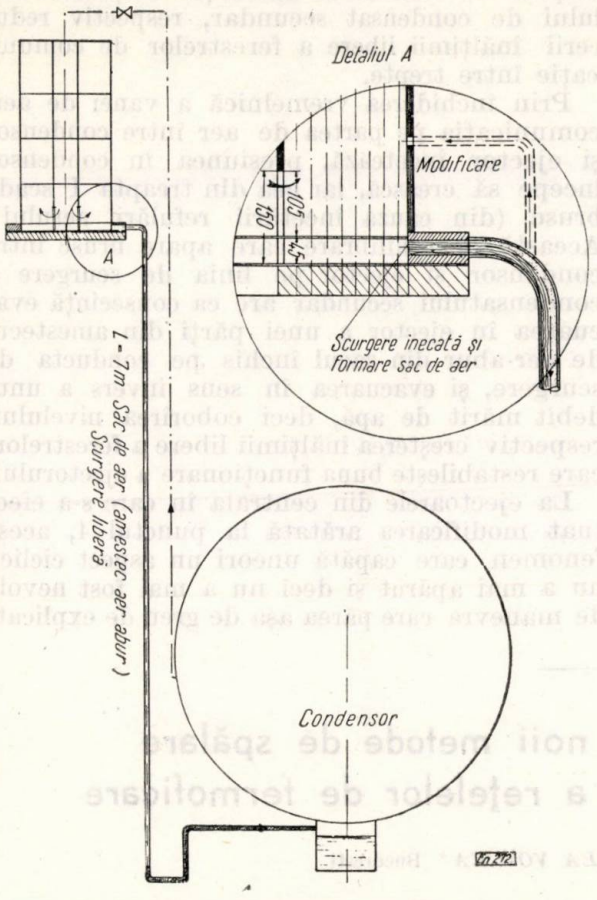


Fig. 2. Scurgerea condensatului secundar din ejector în condensor.

comunicaţie este obţinută prin îndoirea în formă de U a conductei de legătură la partea inferioară.

Nivelul apei în ejector măsurat faţă de muchia superioară a orificiului de scurgere se stabileşte prin următorul calcul :

1. Aria secţiunii de scurgere la $\varnothing = 25$ m :

$$0{,}78 \cdot (2{,}5)^2 = 5 \text{ cm}^2.$$

2. Coeficientul de scurgere : $\mu = 0{,}82$.

3. Viteza de scurgere în secţiunea străngulată :

$$w = \frac{0{,}72}{3\,600 \cdot 0{,}82 \cdot 5 \cdot 10^{-4}} = 0{,}5 \text{ m/s}.$$

4. Diferenţa de nivel faţă de muchie, necesară pentru asigurarea vitezei :

$$h = (0{,}5)^2 \cdot \frac{1\,000}{2 \cdot 9{,}86} = 12 \text{ mm}.$$

Deşi formula folosită nu este riguros exactă pentru cazul cu înălţime mică deasupra orificiului, rezultă totuşi că acesta este acoperit complet de apă şi că deci în conducta de scurgere se închide un volum de aer şi de abur la presiune practic egală cu aceea din treapta I, adică 0,12 ata.

Atîta vreme cît regimul de scurgere este staţionar, scurgerea condensatului secundar se face normal, şi deci nu apare nici o perturbare în funcţionarea ejectorului.

Dacă însă, dintr-o cauză oarecare, presiunea sacului de aer şi abur din conducta de legătură începe să crească, nivelul din ejector (în treapta I) începe să crească şi el, şi deci scurgerea aerului prin ferestre începe să fie stînjenită. Înălţimea totală liberă a ferestrelor fiind de 150 — 45 = 105 mm, înseamnă că o creştere de numai 50 mm poate să jeneze serios funcţionarea ejectorului, iar o creştere de 100 mm duce la încetarea funcţionării. Una dintre cauzele posibile ale creşterii presiunii sacului de aer este ridicarea nivelului de apă în condensor.

Pentru ca nivelul condensatului secundar în ejector să crească cu 50 mm, spre exemplu, este necesar ca volumul sacului de amestec (respectiv lungimea conductei ocupată de amestec), care se găseşte la presiunea de 0,12 ata, să se reducă cu 50 : 1 200 = 4 %, deci la lungimea spaţiului de aer de circa 7 m, este suficientă o creştere a nivelului de apă în condensor de 0,04 · 7 000 = 280 mm, ceea ce se întîmplă frecvent la reglarea manuală a nivelului în condensor.

4. Remedii posibile şi recomandări

Pentru remedierea perturbaţiei examinate este suficient să se împiedice crearea sacului de aer în conducta de scurgere, ceea ce se poate obţine fie prin mărirea diametrului orificiului de scurgere pînă la minimum 30 mm fie, mai simplu, prin efectuarea unei legături suplimentare de $\varnothing_i = 12$ mm şi cu înălţimea de minimum 150 mm, aşa cum este indicat punctat în figura 2.

O astfel de modificare a fost efectuată la patru ejectoare la care perturbaţia examinată a dispărut total.

În legătură cu celelalte cauze posibile de perturbare, se pot face următoarele recomandări :

a. Reglarea scurgerii prin ventil din treapta a II-a în treapta I fiind nesigură şi în orice caz necontrolabilă, ea poate fi înlocuită cu o ţeavă

de $\varnothing = 20$ sau 25 mm, în formă de U, cu înălțimea de:

$$(p_2 - p_1)\cdot 10^4 = (0{,}36 - 0{,}12)\cdot 10^4 = 24{,}00 \text{ mm}$$

sau rotund 2,5 m. Legătura existentă poate fi menținută (ca rezervă) cu ventilul respectiv închis, dar este preferabil să fie total desființată. Și în acest caz este indicat să se realizeze modificarea descrisă la orificiul de scurgere, deși situația este mai ușoară.

b. Scurgerea condensatului din treapta a III-a în a II-a fiind ușor de controlat, nu este cazul să fie modificată.

c. Nu este necesar — și este chiar contraindicat — ca închiderea hidraulică a scurgerii din treapta I să fie mai înaltă de $(0{,}12 - 0{,}05) \times \times 10^4 = 700$ mm.

d. Dacă sînt de temut înfundări ale conductelor de scurgere (la punerea în funcție), se poate prevedea un mic colector la partea inferioară.

5. Explicarea unei anomalii întîlnite în exploatare

Pentru a opri stricarea vidului în condensor din cauza examinată la punctul 3, în exploatări se recurge la următoarea manevră care pare cu totul irațională: se separă ejectorul prin închiderea rapidă a vanei de pe conducta de aspirație a aerului din condensor și după circa 10 s se restabilește comunicația cu condensorul, deschizînd vana de aer.

La începutul manevrei vidul continuă să scadă, după care se oprește și apoi începe să crească.

Anomalia constă în: pătrunderea aerului în condensor fiind un fenomen continuu și constant ca debit, cum este posibil ca prin suprimarea vremelnică a procesului de extragere să se obțină o restabilire a vidului? Explicația acestei aparente anomalii este următoarea: reducerea debitului de amestec aer-abur extras din condensor cu consecința de stricare treptată a vidului se datorește creșterii nivelului de condensat secundar, respectiv reducerii înălțimii libere a ferestrelor de comunicație între trepte.

Prin închiderea vremelnică a vanei de aer, comunicația pe partea de aer între condensor și ejector încetează, presiunea în condensor începe să crească, iar cea din treapta I scade brusc (din cauza încetării refulării aerului). Această dezechilibrare care apare brusc între condensor și ejector pe linia de scurgere a condensatului secundar are ca consecință evacuarea în ejector a unei părți din amestecul de aer-abur din sacul închis pe conducta de scurgere, și evacuarea în sens invers a unui debit mărit de apă, deci coborîrea nivelului, respectiv creșterea înălțimii libere a ferestrelor, care restabilește buna funcționare a ejectorului.

La ejectoarele din centrala în care s-a efectuat modificarea arătată la punctul 4, acest fenomen care capătă uneori un aspect ciclic; nu a mai apărut și deci nu a mai fost nevoie de manevra care părea așa de greu de explicat

---

Rezultatele și generalizarea noii metode de spălare prin procedeul hidropneumatic a rețelelor de termoficare

MIRCEA BELDIMAN și *MIRCEA VOINEA* * București

Pînă în luna martie 1962, s-a utilizat numai metoda hidraulică pentru spălatea rețelelor de termoficare. Această metodă constă în vehicularea apei în circuit închis, pe conductele de ducere și întoarcere, cu o viteză de 1,8—2 m/s și în purjări la intervale de 15—20 min, cu decalaj între punctele de golire.

Această circulare a apei s-a făcut întotdeauna cu pompele din centralele de termoficare; o singură dată s-au folosit pompe instalate în rețea.

Apa de spălare, cît și cea de adaos, trebuie să aibă o temperatură de 30—40°C, pentru a ușura desprinderea impurităților de pe pereții conductelor.

Din rezultatele obținute în prezent a rezultat că metoda hidraulică de spălare se poate aplica economic numai pentru zona apropiată de centrală, care permite utilizarea directă a instalațiilor din centrala de termoficare fără întreruperea alimentării cu căldură a consumatorilor legați la rețele învecinate.

Totuși, și în acest caz, metoda hidraulică necesită un timp de spălare de circa 5—15 zile și un cost ridicat de circa 50—90 lei/m³ volum de rețea, funcție de diametrul, lungimea și gradul de murdărire a rețelei care se spală.

Dezavantaje importante tehnico-economice le prezintă aplicarea metodei hidraulice la rețele depărtate de centrală și care nu permit întreruperea consumatorilor de căldură situați în amonte pe aceste rețele. În astfel de situații a fost necesară crearea unor instalații speciale de pompare și de preîncălzire a apei de adaos necesară acoperirii pierderilor prin purjare.

* *M. Beldiman* și *M. Voinea* sînt ingineri la I.S.P.E.

Toate aceste dezavantaje au condus la studierea și aplicarea unei noi metode, cu o eficiență tehnico-economică mai mare și cu o durată a spălării foarte scurtă.

În cele ce urmează se va expune metoda hidropneumatică aplicată la spălarea unei magistrale cu diametrul de 500 mm, avînd o lungime de 5 850 m.

Metoda de spălare hidropneumatică

Metoda de spălare hidropneumatică a rețelelor de termoficare constă în introducerea simultană de apă de adaos și aer sub presiune, obținîndu-se în acest mod un amestec aer-apă cu o puternică stare de turbulență și cu o viteză la finele tronsonului care se spală de 1,5—3,0 m/s.

Această metodă nu necesită încălzirea apei de adaos.

Aerul care trebuie introdus în tronsonul care se spală este produs de compresoare obișnuite mobile cu debite de 4—6 m³/min și cu presiuni de 3—6 kgf/cm². Apa se ia din rețeaua de apă potabilă sau de la o altă sursă. Într-un proces continuu de introducere de aer și apă, presiunile aerului și a apei trebuie să fie aproximativ egale. În cazul cînd sursa de apă este insuficientă, se introduce periodic apă și încontinuu aer.

Spălarea rețelelor de termoficare cu metoda hidropneumatică se face pe lungimi de circa 600—1 600 m, spălîndu-se tronson de tronson, cuprinse între vanele de secționare.

Durata de spălare depinnde de viteza amestecului aer-apă la finele tronsonului care se spală — și de gradul de murdărire a rețelei.

Viteza finală a amestecului aer-apă s-a determinat cu formula :

$$v_f = v_m \left(1 + \frac{g_{aer}}{g_{apă}}\right), \text{ m/s},$$

în care :

v_f este viteza finală la sfîrșitul tronsonului, m/s ;

v_m — viteza medie a apei, m/s ;

g_{aer} — debitul de aer, m³/s ;

$g_{apă}$ — debitul de apă, m³/s ;

$$v_m = \frac{4\, g_{aer}}{D^2}, \text{ m/s}.$$

Rezultatele acestora calcule cît și alte elemente pentru realizarea schemei sînt prezentate în tabela 1, în ipoteza introducerii simultane de aer și apă.

Schema instalației de spălare se poate urmări în figura 1.

Tabela 1

Tabel cu debite de aer și apă necesare pentru spălarea conductelor de termoficare D_n 100 — D_n 1 000 mm

Nr. crt.	Diametrul nominal, mm	Debitul de aer, g_{aer} m³/h			Debitul de apă, $g_{apă}$ m³/h			Viteza medie în tronson, v_m m/s			Viteza finală a amestecului la finele tronsonului, v_f m/s			Presiunea compresorului, kgf/cm²	Diametrele ștuțurilor		
															aer	apă	golire
1	D_n 100	10	12	15	3	4	4	0,357	0,425	0,53	1,5	1,70	1,98	30	50	50	65
2	D_n 150	16	18	20	3	4	4	0,250	0,278	0,314	1,40	1,53	1,90	30	50	50	80
3	D_n 200	22	25	30	4	4	5	0,206	0,236	0,281	1,33	1,70	1,97	30	50	50	100
4	D_n 250	35	40	45	7	7	8	0,197	0,226	0,264	1,40	1,52	1,71	30	50	65	150
5	D_n 300	55	60	65	10	10	12	0,224	0,244	0,264	1,49	1,70	1,70	30	50	80	150
6	D_n 350	65	70	80	10	10	12	0,188	0,204	0,231	1,41	1,63	1,78	30	50	80	150
7	D_n 400	90	100	120	15	15	20	0,200	0,222	0,210	1,40	1,50	1,70	30	200	100	150
8	D_n 450	100	110	120	15	15	15	0,175	0,192	0,210	1,35	1,60	1,90	30	200	100	200
9	D_n 500	120	140	150	15	20	20	0,170	0,200	0,212	1,53	1,60	1,80	30	200	100	200
10	D_n 600	180	220	250	25	30	35	0,182	0,221	0,254	1,50	1,85	2,07	30	250	125	250
11	D_n 700	250	280	300	30	35	40	0,184	0,202	0,216	1,72	1,80	1,06	30	250	125	250
12	D_n 800	350	380	400	40	50	50	0,176	0,210	0,220	1,58	1,81	1,98	30	250	150	250
13	D_n 900	420	440	460	50	55	55	0,183	0,192	0,200	1,76	1,73	1,87	30	250	150	250
14	D_n 1000	450	500	600	50	60	70	0,159	0,177	0,212	1,59	1,65	1,92	30	250	150	250

Ștuțurile de alimentare cu apă și aer, precum și ștuțurile de golire, au fost dimensionate pentru debite maxime.

Rezultatele obținute au confirmat calculele teoretice și anume :

— durata spălării unui tronson de 800 m a fost de circa 6 h ;

— lipsa de presiune la sursa de apă de adaos a dus la aplicarea unui regim de spălare prin suflarea apei cu aer, pînă la evacuarea completă a apei.

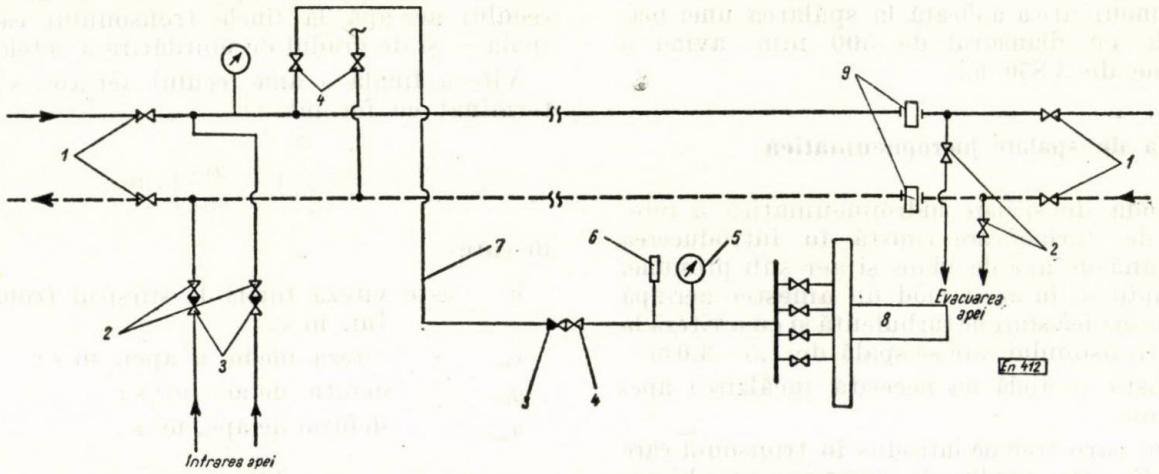


Fig. 1. Schema de racordare a utilajului în cazul spălării conductelor prin procedeul hidropneumatic :
1 — vane de secționare ; 2 — vane de închidere ; 3 — clapete de reținere ; 4 — ventile pe conducte de aer ; 5 — manometru ; 6 — termometre ; 7 — furtun de cauciuc ; 8 — compresor ; 9 — separatoare de nămol.

— costul pe metru cub de rețea spălată este cu circa 50% mai redus decît la spălarea hidraulică, după primele rezultate ale lucrărilor efectuate ;

— golirea rețelei se poate face fie direct la canalizare, fie într-un cămin din care apa trebuie scoasă cu pompe astfel încît să nu se prelungească operația de spălare prin întreruperea purjării ;

În concluzie se propune ca toate întreprinderile constructoare sau de exploatare de rețele de termoficare să utilizeze la spălarea rețelelor metoda hidropneumatică.

Această metodă este simplă și prezintă o mare eficiență tehnică și economică, față de metoda de spălare hidraulică.

DISCUȚII

Observații asupra articolului „Calculul iluminatului fluorescent" de ing. D. I. Dinulescu

Energetica *9*, nr. 1, 1961, p. 31—34

Articolul de care ne vom ocupa în rîndurile următoare tratează instalațiile de iluminat cu lămpi fluorescente numai din punctul de vedere al performanțelor optico-fiziologice ale instalației, punct de vedere ce trebuie considerat ca incomplet astăzi cînd la aprecierea iluminatului fluorescent intervin ca factori de primă importanță considerațiile de ordin psihologic (grupate în literatură sub denumirea generică de *tehnica strălucirilor*) [1].

În afară de această observație generală mai avem de remarcat următoarele :

1. La pagina 32, rîndurile 22—25 din prima coloană, se afirmă : (tuburile) „... tip *EE*, culoare albă ca lumina zilei (folosite în cazuri speciale unde este necesar să se distingă nuanțele culorilor sau pentru iluminări foarte mari $E > 300$ lx)..." — sublinierea ne aparține.

Din datele culese de la „Electrofar" cu privire la tuburile pe care le fabrică, reiese că temperatura de culoare a tubului tip *EE* (culoare albă ca lumina zilei) este de 6 500°K. După diagrama lui Kruithof rezultă că la temperatura de culoare arătată, zona unui iluminat confortabil este pentru iluminări peste 500 lx, deci pentru specificarea domeniului de utilizare ale tuburilor de tip EE autorul trebuia să indice pe lîngă performanțe referitoare la distingerea culorilor și domeniul de iluminări în care aceste tuburi dau rezultate bune din punctul de vedere al confortului vizual.

2. Tot la pagina 32 (coloana din stînga) în rîndurile 44—46 se afirmă : „... Deocamdată nu se fabrică grătare la reflectoare. Se vor folosi în viitor pentru tipurile decorative".

Se pare că problema estetică la instalațiile de iluminat este pusă, cel puțin la noi, înaintea confortului fiziologic. O greșeală adesea întîlnită este aceea de a se neglija problema orbirii în cazul instalațiilor de iluminat cu tuburi fluorescente, ajungîndu-se astfel la afirmația că tuburile fluorescente avînd o strălucire mică (0,4—0,85 Sb) efectul de orbire poate fi neglijat. Acest fel de a aborda problema nu poate fi considerat numai ca o greșală tehnică, ci ca un pericol din punctul de vedere al igienii muncii, așa după cum reese din literatura de specialitate care studiază mult această problemă [2 și 3].

Efectul de orbire cauzat de tuburile fluorescente nu numai că nu este neglijabil dar constituie chiar unul din principalele motive pentru care se produc tulburări psihice și optice grave la cei ce lucrează timp îndelungat în condiții de lumină artificială. Este adevărat că strălucirea tuburilor fluorescente este redusă ca valoare, însă jena vizuală este produsă, în special, datorită

suprafeței lor luminoase mari expusă privirii; această jenă a fost de mult constatată și studiată în alte țări. Strălucirea maximă ce se admite pentru instalații de iluminat fluorescent, în condițiile arătate mai sus, este de 0,1 Sb [4].

Efectul de orbire al tuburilor fluorescente poate fi apreciat în special de iluminatul ,,decorativ'' al vitrinelor, în majoritatea cazurilor tuburile fiind expuse direct privirii, pe toată lungimea lor, la înălțimea ochiului.

În U.R.S.S., problema strălucirii și a efectului de orbire legat de ea, a fost studiată în mod deosebit ajungîndu-se la concluzia necesității unui regulament pentru limitarea orbirii [5].

Din cele expuse mai sus se vedere că necesitatea grătarelor nu este dictată în primul rînd de considerente estetice ci de problema efectului de orbire. Grătarele de protecție vor fi aplicate lămpilor fluorescente de orice tip (chiar cu reflector) atunci cînd unghiul de protecție prescris de norme nu este realizat, pe direcția privirii.

3. La aceeași pagină în coloana a doua, în rîndul 1 și următoarele, se afirmă că formula dată pentru calculul fotometric este ,,...similară dar puțin deosebită de cea întrebuințată la iluminatul incandescent...''.

În realitate formula dată este identică și nu similară cu aceea folosită la calculul iluminatului incandescent, chiar dacă la coeficientul de utilizare se ajunge într-un mod puțin diferit; de fapt diferența aceasta nu se referă la semnificația fizică a factorului arătat care rămîne în ambele cazuri aceeași. Formula discutată prezintă de altfel lipsa unui factor care să țină seama de neuniformitatea iluminatului în cazul cînd distribuirea corpurilor de iluminat nu se poate face în mod optim.

4. Tot în coloana a doua, aceeași pagină, explicîndu-se natura termenilor ce intră în calculul indicelui de încăpere, se afirmă: ,,...*h* — înălțimea încăperii socotită de la nivelul planului de lucru (cota 0,8 m de la pardoseală) pînă la corpul de iluminat''.

Făcînd abstracție de cuprinsul parantezei, formularea este corectă. Nu găsim necesară paranteza deoarece planul de lucru nu este un element de calcul fixat convențional la înălțimea de 0,8 m de la pardoseală. Acest plan poate fi chiar la nivelul pardoselii (în turnătorii de exemplu) sau la înălțimi mai mari după caz. Faptul că atunci cînd nu se specifică altfel, planul de lucru care se ia la înălțimea de 0,8 m de la pardoseală, nu ne îndreptățește să-l generalizăm la această valoare în mod arbitrar și nici să-i obișnuim pe alții să introducă mecanic date numerice în formule.

5. La pagina 33 coloana a doua, primul paragraf, nu se analizează de loc dependența dintre uniformitatea iluminării pe planul util și așezarea corpurilor de iluminat, deși una din principalele performanțe ce se cer a fi realizate de către o instalație de iluminat în general — și de iluminat fluorescent — în special — este gradul de neuniformitate cît mai scăzut, pentru care există și norme de stat.

6. La pagina 33 coloana a doua, tabela I se remarcă prelucrări grosolane; este știut că în cazul iluminatului fluorescent nu se recomandă iluminările mici deoarece creează o ambianță lipsită de confort vizual. De altfel dintre tipurile cunoscute de tuburi fluorescente nu există vreunul care să aibe o temperatură de culoare corespunzătoare unui iluminat plăcut la iluminări sub 50 lx, deci considerăm neîntemeiată recomandarea autorului de a se folosi iluminări de ordinul a 20—40 lx.

Bibliografie

[1] Arndt, W. *Wesen und Möglichkeiten der Leuchtdichtetechnik.* În: Lichttechnik nr. 5, 1954, p. 178.

[2] Zilber, D. A. *Nekotorie Vaprosi ghighieni osveșcenia.* În: Svetotehnica nr. 2, 1957 p. 5.

[3] Shober, H. *Uber die vermeintlichen Schleschwerden beim Licht der Leuchtstofflampen.* În: Lichttechnik nr. 6, 1954 p. 215.

[4] Lanzun, G. *Pour ou contre l'éclairage par fluorescence.* În: Seience et vie nr. 473, 1957 p. 107.

[5] Epaneșnikov, M. M. *O normirovanii mer ogranicenia oslepleosti prin liuminesțennom osveșcenii.* În: Svetotehnika, nr. 5, 1962 p. 19.

Ing. **Murmur Stoica** — IRME

RECENZII

Manualul inginerului termotehnician Vol. II, **Mașini, centrale și rețelele termice.** Editura tehnică, București, 1961, 575 p.

Volumul doi al ,,Manualului inginerului termotehnician'' a fost realizat pe baza capitolelor 14—19 ale volumelor 1 și 2 din ,,Îndreptarul termotehnic'' editat în U.R.S.S. în 1957—1958, făcîndu-se o serie de modificări pentru a putea fi utilizat cu folos în țara noastră.

Acest volum conține într-o formă concentrată principalele noțiuni teoretice și practice privind mașinile termice, centralele termoelectrice, rețelele și sistemele de termoficare, fiind pus de acord cu standardele, normele și prescripțiile în vigoare în R.P.R., și completat cu caracteristicile produselor industriei noastre.

Volumul II al manualului cuprinde părțile III și IV intitulate:

III. Mașini termice.

IV. Termoenergetică.

Partea a III-a *Mașini termice* conține capitolele: 11 — Turbine cu abur, 12 — Turbine cu gaze; 13 — Motoare cu ardere internă; 14 — Mașini cu abur.

În cap. 11 se face la început o prezentare succintă a turbinelor sovietice și românești dîndu-se în tabele caracteristicile tehnice principale.

Conducerea calculului termic al turbinelor cu abur este prezentată detaliat în peste 50 de pagini de manual. Se dau pierderi de randamente, modul de calcul termic, diagrame de regimuri de funcționare, relații între parametri și putere etc.

Pentru cîteva turbine sovietice se dau sub formă de tabele exemple de calcul termic și diagramele respective.

Caracteristicile tehnice și energetice ale turbinelor cu condensație și de termoficare construite de uzinele sovietice ca și cele ale turbinelor construite în R.P.R. formează subcapitole separate și se dau sub formă de diagrame și tabele. Instalațiile de condensare ale turbinelor cu abur sînt tratate pe elemente: condensatoare, ejectoare, pompe de circulație și de condensat, indicîndu-se relațiile teoretice de calcul și prezentîndu-se caracteristicile tehnice principale ale utilajului confecționat în U.R.S.S., în special cele ale uzinelor I.M.Z.

În încheierea cap. 11 se tratează problemele legate de reglarea turbinelor, cu și fără prize reglabile. La regulatoarele de turație centrifugale, la regulatoarele de presiune și la servomotoare și sertărașe se dau formulele de calcul și se prezintă și cîteva tipuri constructive.

Problemele legate de turbinele cu gaze sînt tratate în cap. 12. În acest capitol se prezintă ciclurile teoretice ale instalațiilor de turbine cu gaze cu circuit deschis și închis, cu ardere la presiune constantă sau la volum constant, principiile de calcul termic, modul de calcul al camerelor de ardere și al recuperatoarelor de căldură.

Procedeele de reglare a instalațiilor de turbine cu gaze, tipurile de sisteme de reglare, formează un paragraf separat în cadrul acestui capitol.

În continuare se tratează din punct de vedere constructiv instalațiile de turbine cu gaze pe elemente ca: turbina, compresorul, camera de ardere, recuperatorul etc. și se prezintă principalele tipuri de instalații de turbine cu gaze cu circuit deschis, închis sau mixt, pe unul sau mai mulți arbori, instalațiile cu generatoare de gaze cu pistoane libere, ca și ciclurile combinate.

Domeniile de utilizare a turbinelor cu gaze, precum și tabelele cu caracteristicile generale ale unor instalații cu turbine cu gaze în funcție în diverse ramuri industriale ca ramura energetică, metalurgică, chimică, transport etc. sînt arătate separat.

În încheierea capitolului se tratează problema turbinelor de expansiune.

Motoarele cu ardere internă formează subiectul cap. 13, în care la început se prezintă o parte teoretică cuprinzînd ciclurile teoretice ale motoarelor cu ardere internă şi calculul termic al motoarelor cu ardere internă.

Calculul termic al motoarelor cu ardere internă este prezentat metodic, fiind cuprins în peste 60 de pagini. Metodele de calcul cele mai utilizate ca : metoda analitică şi metoda diagramelor termodinamice sînt arătate în mod detaliat, pe procese termodinamice prin ecuaţii, tabele de valori şi diagrame pe tipuri de motoare şi cu exemple de calcul comparativ.

Sînt studiate problema parametrilor de funcţionare a motoarelor cu ardere internă, a valorilor lor şi a modului lor de variaţie, precum şi bilanţul energetic al motorului, rezultatele prezentîndu-se sub formă de tabele şi diagrame.

În ultima parte a capitolului se arată modul de calcul a dimensiunilor fundamentale ale motoarelor cu ardere internă şi se dau în tabele caracteristicile tehnice şi parametrii comparativi ai unor motoare cu ardere internă, construite în R.P.R., U.R.S.S. şi R.S.C., împărţite pe tipuri, mărimi, combustibili, destinaţie etc.

Ultimul capitol al părţii „Maşini termice", cap. 14, este destinat maşinilor cu abur. După ce se face o sumară prezentare a principiilor de funcţionare a maşinilor cu abur, se tratează problema distribuţiei aburului şi reglarea puterii, precum şi calculul maşinilor cu abur.

Partea a IV-a din manual intitulată *Termoenergetica*, este formată din capitolul 15, Centrale electrice, şi cap. 16, Reţele şi sisteme termice.

În cap. 15 se prezintă la început indici care caracterizează funcţionarea centralelor electrice (curbe de sarcină, puteri instalate, disponibile, utilizabile etc., durate de utilizare, coeficienţi de utilizare, de încărcare, de disponibilitate etc.) ca apoi să se treacă la tratarea problemelor legate de consumurile specifice şi orare de abur ale grupurilor turbogeneratoare, caracteristicile termice ale centralelor electrice şi consumul specific mediu anual de căldură pentru producerea energiei electrice.

Economia de combustibil prin producerea combinată de energie electrică şi căldură este tratată detaliat într-un subcapitol separat, insistîndu-se asupra problemei randamentelor ciclurilor termice, a randamentelor centralelor de condensaţie detaliat pe elemente, în comparaţie cu randamentele centralelor electrice de termoficare.

În subcapitole separate sînt prezentate probleme specifice centralelor electrice ca : preîncălzirea apei de alimentare (subcap. 15.5), instalaţii de vaporizare şi transformatoare de abur (subcap. 15.6), instalaţii de încălzire a apei pentru reţelele termice (subcap. 15.7), instalaţii de degazare (subcap. 15.8), instalaţii de reducere-răcire şi expandoare de apă pentru purjarea cazanelor (subcap. 15.9) etc., analizate din punctul de vedere al calculului termic şi al schemelor de racordare, dîndu-se tabele de caracteristici tehnice pentru instalaţiile cele mai utilizate la noi şi în U.R.S.S.

De asemenea, se prezintă sistemele de alimentare a cazanelor de abur, calculul presiunii pompelor, a puterii motoarelor de acţionare, indicîndu-se în tabele caracteristicile tehnice ale unor pompe de alimentare şi de condensat, fabricate în U.R.S.S.

Pentru conductele de apă, apă fierbinte şi abur din centrală se dau metodele de calcul hidraulic, mecanic şi termic, normele privind suporţii, grosimile de izolaţie, distanţele, vopsirea şi marcarea, tabele de pierderi de căldură normate şi alte caracteristici.

Alimentarea cu apă a centralelor electrice este tratată pe tipuri de centrale, indicîndu-se consumurile relative de apă pentru diferite procese. Separat se tratează instalaţiile de răcire în circuit închis şi circuit mixt, dîndu-se coeficienţi şi diagrame de calcul pentru iazuri de răcire, bazine de stropire, turnuri de răcire cu tiraj natural şi tiraj forţat. În tabele se dau caracteristicile şi dimensiunile principale ale celor mai răspîndite turnuri de răcire construite în R.P.R., iar pentru turnurile cu tiraj forţat şi caracteristicile ventilatoarelor.

Într-un subcapitol separat se tratează problema depozitelor de combustibil şi a instalaţiilor de transport al acestuia. În acest subcapitol, în afară de formulele şi diagramele de calcul, se dau în circa 16 tabele normale şi caracteristicile utilajului folosit în depozitele de combustibil, începînd cu normele privind capacitatea depozitelor şi caracteristicile vagoanelor C.F.R. pentru transportul cărbunelui şi terminînd cu normele privind calculul buncărelor din sala cazanelor şi caracteristicile transportoarelor mobile cu bandă, macaralelor, buldozerelor, tăvălugurilor, sitelor, separatoarelor etc.

În mod similar este prezentată problema evacuării zgurei şi cenuşii. În încheierea acestui capitol se tratează problemele legate de dispoziţia echipamentului centralelor termoelectrice.

Ultimul capitol din vol. II al Manualului inginerului termotehnician o formează capitolul 16, destinat reţelelor şi sistemelor termice.

La începutul acestui capitol se studiază problema consumului de căldură pentru încălzire. În cadrul acestui paragraf se prezintă perioadele de încălzire şi temperaturile exterioare convenţionale ale localităţilor din R.P.R., sub formă de tabele şi hărţi. Caracteristicile termice de încălzire şi ventilaţie pentru diverse clădiri, precum şi normele de consum de apă caldă valabile în U.R.S.S. detaliate pe tipuri de consumatori se dau în tabele.

În continuare se prezintă sistemele de alimentare cu căldură ca : sisteme deschise sau închise cu una, două sau cu trei conducte etc., automatizarea funcţionării racordurilor şi calculul hidraulic al reţelelor. Graficul piezometric şi regimul hidraulic al reţelelor sînt tratate în paragrafe separate, insistîndu-se asupra problemelor legate de repartizarea în sistem a debitului de apă şi de stabilitatea hidraulică a reţelei.

Problemele privind regimul de livrare a căldurii, metodele de reglare (calitativă, cantitativă sau mixtă) sînt atent studiate, dîndu-se pentru ele formule de calcul, diagrame, tabele de valori.

Partea de construcţie a reţelelor termice este cea mai dezvoltată din tot capitolul. Aici sînt date în tabele caracteristicile şi dimensiunile conductelor termice, subterane, pentru diverse tipuri de amplasare. Tot aici se prezintă date constructive asupra suporţilor, ţevilor, compensatoarelor etc. utilizate în R.P.R. şi U.R.S.S.

În încheierea capitolului se prezintă calculul termic al reţelelor termice şi diverse probleme privind aspectul economic al transportului căldurii, dîndu-se indici tehnico-economici ai sistemelor de termoficare urbană.

Adresîndu-se inginerilor, tehnicienilor şi studenţilor cărora le pune la dispoziţie, într-o formă concentrată, un bogat material documentar conţinînd formule, tabele, diagrame, referitoare la procesele termotehnice şi la caracteristicile constructive şi funcţionale ale echipamentului termotehnic, lucrarea menţionată este deosebit de utilă, fiind de un real folos, celor care lucrează în domeniul proiectării, construcţiei şi exploatării instalaţiilor termotehnice ale centralelor electrice şi ale tuturor întreprinderilor industriale care utilizează căldura în procesele tehnologice (metalurgice, constructoare de maşini, chimice, alimentare, textile etc.), precum şi studenţilor din specialităţile respective.

Se menţionează însă că pentru evitarea de confuzii şi păstrarea denumirilor care s-au încetăţenit în învăţămîntul tehnic superior şi în literatura românească de specialitate, ar fi trebuit folosiţi termenii : *centrale termoelectrice*, pentru centralele termoelectrice cu condensaţie (CTE) şi *centralele electrice de termoficare* (CET), *centrale termice* (CT) pentru centrale echipate numai cu cazane, livrînd deci consumatorilor numai căldură, precum şi *reţele şi sisteme de termoficare* (nu termice), deoarece fac parte din ansamble alimentate cu căldură din centrale electrice de termoficare.

Această remarcă este cu atît mai importantă cu cît chiar în titlu se vorbeşte de centrale termice şi reţele termice.

Ing. **Camil Wlezek**—I.S.P.E.

Electroenergetica

Pogarski, V. J. **Despre încercările preventive ale liniilor de cablu.** În: Elektriceskie stanţii **33**, nr. 2, 1962, p. 65–72.

Experienţa îndelungată de aplicare a încercărilor preventive în curent continuu de înaltă tensiune a arătat două avantaje fizice principale ale acestora: selectivitatea pentru descoperirea defecţiunilor locale concentrate şi lipsa de pericole a aplicării unor tensiuni continue suficient de mari.

Din experienţa exploatării reţelelor urbane de cablu rezultă că numărul total de defecte periculoase ce apar anual pe liniile de cablu este determinat de starea tehnică a reţelei şi de existenţa condiţiilor de apariţie a influenţelor exterioare. Aceste defecte determină numărul anual de străpungeri electrice ca suma străpungerilor apărute în exploatare şi a celor apărute la încercări. Reducerea volumului sau intensităţii încercărilor şi reducerea numărului de defecte la încercări sînt însoţite de mărirea numărului de defecte în exploatare.

Modificarea mărimii tensiunii de încercare este însoţită în primii 2–3 ani de o modificare corespunzătoare a numărului de defecte la încercări; nivelul defectelor revine apoi în apropierea celui anterior, dar se modifică nivelul izolaţiei reţelei.

În ultimul timp (2–3 ani) s-a experimentat metoda de încercare în curent continuu sub sarcină; avantajul principal al acestei metode era reducerea numărului de comutări necesar în reţea pentru încercări. În cursul aplicării acestei metode în diverse sisteme energetice au fost scoase la iveală o serie de dezavantaje pe care aceasta le prezintă.

Astfel, concluzia principală a fost reducerea de 4–6 ori a numărului de defecte ce apar la încercări; încercările cu tensiune continuă efectuate imediat după cele sub sarcină, de regulă, mai scot la iveală o serie de defecţiuni nesesizate de încercările sub sarcină. Aşadar, la încercarea sub sarcină se reduce în mod simţitor eficacitatea încercărilor.

Dacă perioada în care s-au experimentat încercările sub sarcină a fost redusă (2–3 ani), totuşi în multe sisteme a fost înregistrată o creştere a numărului de defecte apărute în exploatare.

Cauza principală a eficacităţii reduse a încercărilor sub sarcină rezidă după toate probabilităţile, pe de o parte, în modificarea tensiunii de încercare (aceasta se reduce cu 20–40%, fiind limitată de existenţa aparatajului în staţii) şi pe de altă parte, de redistribuirea cîmpului electric în cablul încălzit (sub sarcină), faţă de cablul deconectat. Redistribuirea gradienţilor cîmpului electric este o calitate a cablurilor folosite în curent continuu; sub sarcină, rigiditatea electrică a acestora creşte. La încercările preventive însă, această redistribuire frînează descoperirea defectelor şi necesită (la condiţii în rest egale) aplicarea unor tensiuni de încercare mai mari, ceea ce este imposibil de realizat practic, din cauza izolaţiei restului utilajelor.

Mărirea eficacităţii acestor încercări ar putea fi obţinută prin reducerea intervalului dintre încercări (mărirea frecvenţei încercărilor). Aceasta va duce însă la mărirea foarte însemnată a volumului de lucru necesar şi devine evident neraţional.

Rezultă deci că pentru mărirea eficacităţii încercărilor preventive trebuie folosite tensiuni de încercare mai mari (pînă la 6–7 U_{nom}) în curent continuu.

em.c.

Grudinski, P. G. ş.a. **Condiţiile de funcţionare economică a transformatoarelor în reţelele electrice urbane.** În: Elektriceskie stanţii, **33** nr. 2, 1962, p. 45–49.

Deşi puterea instalată în transformatoarele reţelelor electrice urbane creşte an de an, transformatoarele aflate în funcţiune se utilizează în mod incomplet: încărcarea medie a lor, $100\frac{S_{max}}{S_{nom}}$, nu depăşeşte 70%, iar coeficientul de utilizare a puterii instalate este de circa 30%.

Utilizarea incompletă a transformatoarelor se datorează atît caracterului specific de vîrf al sarcinii casnice, cît şi lipsei de indicaţii asupra limitelor de încărcare economică a transformatoarelor şi lipsei unor instrucţiuni corespunzătoare asupra posibilităţilor de supraîncărcare.

Adesea, economicitatea regimului de funcţionare a unui transformator este apreciată după pierderile specifice la transformare, kWh/kVA. În condiţiile actuale însă, drept unic criteriu corect pot fi considerate numai cheltuielile pentru transformare în expresie bănească. Drept regim optim de funcţionare a unui transformator instalat trebuie considerat acel regim în care costul specific al transformării (ruble/kWh) va fi minim. Înlocuirea transformatorului în funcţiune cu un altul este economic oportună numai în cazul în care investiţiile legate de înlocuire se recuperează prin economia la cheltuieli anuale în intervalul dat.

Prin calcule se arată că minimul pierderilor specifice la transformare apare la încărcări superioare celei nominale, în timp ce minimul costului specific apare la încărcări de ordinul încărcării nominale.

Analiza oportunităţii înlocuirii unui transformator cu altul de altă putere nominală, în vederea menţinerii funcţionării economice la variaţia sarcinii alimentate prin transformator, se efectuează pe baza metodicii cheltuielilor teoretice de calcul. În relaţia obţinută se reflectă atît influenţa pierderilor în transformatoare, influenţa costurilor ce apar la înlocuire (de montaj, demontaj), influenţa costului de echivalare a pierderilor de putere, cît şi influenţa variaţiei puterii reactive necesare cîmpului magnetic al transformatoarelor. Concluziile globale pentru transformatoarele din seria TM sînt ilustrate prin curbe care marchează zonele de funcţionare economică transformatoarelor de diverse puteri.

Concluziile ce se pot trage sînt următoarele:

a. În reţelele urbane este economic oportun să se înlocuiască transformatoarele după ce sarcina lor maximă depăşeşte puterea nominală.

b. Pentru transformatoarele de 50–100 kVA, limita economică a supraîncărcării atinge 35–40%; pe măsura creşterii puterii nominale, această limită se reduce.

c. Înlocuirea unui transformator cu altul de putere mai mare, în condiţiile reţelelor urbane, este economic oportună la încărcări superioare de la care apare minimul costului specific al transformării.

Concluzia asupra supraîncărcărilor economice menţionate este corectă numai în cazul în care există siguranţa că aceste supraîncărcări nu reduc durata de funcţionare a transformatorului faţă de cea nominală; în caz contrar, suprasarcina va putea aduce mari pagube.

Deşi instrucţiunile în vigoare nu prevăd suprasarcini de ordinul celor menţionate, acesta nu înseamnă că aceste suprasarcini reduc durata de funcţionare a transformatorului faţă de cea nominală, deoarece în instrucţiuni nu se foloseşte pe deplin capacitatea de supraîncărcare a transformatorului.

Pentru a explicita posibilităţile reale de supraîncărcare a transformatoarelor în condiţiile reţelelor urbane, au fost efectuate calcule, probe şi măsurători. Din acestea a rezultat că, luînd în considerare reducerea uzurii izolaţiei trnsformatoarelor la variaţiile zilnice şi sezoniere ale sarcinii, folosirea incompletă a capacităţii de încărcare datorită creşterii naturale (apreciată la cca. 5% anual), a sarcinii în prima jumătate a perioadei de funcţionare a transformatorului în locul dat, supraîncărcarea transformatorului pînă la 1,5 S_{nom} în lunile de sarcină maximă este pe deplin admisibilă, fără reducerea duratei de funcţionare faţă de cea nominală.

Limitarea supraîncărcării la 1,4 S_{nom} asigură o durată de viaţă de două ori mai mare decît cea nominală, astfel încît se păstrează posibilitatea suprasarcinilor de avarie.

Suprasarcinile menţionate sînt valabile pentru transformatoarele din seria TM de puteri 50 şi 100 kWh. Pentru transformatoarele de puteri nominale mai mari, sarcinile economice oportune se află în limitele 1,16–1,05 S_{nom}.

em.c.

Waste, W. **Domeniul schimbării tensiunii în rețelele de medie tensiune ca rezultat al unei anchete circulare.** În: Elektrotechnische Zeitschrift A, **82**, nr. 22, 1961, p. 697–701.

În vederea măririi capacității de transport a rețelelor de distribuție ajunse la limită, în Germania occidentală au loc treceri de rețele la tensiuni superioare de funcționare. Ancheta ale cărei rezultate sînt prezentate tinde să creeze o vedere de anasamblu asupra domeniului și extinderii pe care au luat-o modificările de tensiune în R.F.G.

Schimbările de tensiune care au început cu circa 25 de ani în urmă au afectat circa 36 000 km linii aeriene și 11 500 km cabluri. Tensiunile preferate pentru schimbare sînt cele de 10 și 20 kV. Astfel, din liniile aeriene asupra cărora s-a operat schimbarea tensiunii, 10% au trecut la 10 kV și circa 80% la 20 kV. În schimb, la cabluri, circa 60% din cele afectate au trecut la 10 kV și circa 30% la 20 kV. Schimbările de tensiune au afectat 6 060 stații de medie tensiune cu 10 200 transformatoare, având puterea de 2 460 MVA. Împărțirea acestora între 10 și 20 kV este aproximativ egală. Au fost afectate de asemenea circa 27 000 posturi de transformare cu 31 000 transformatoare însumînd circa 4 300 MVA.

Cele mai frecvente schimbări de tesniune au loc în linii aeriene. Trecerile la 20 kV au avut loc în special de la tensiunea de 15 kV (circa 21 000 km linii aeriene și circa 1 400 km cabluri); trecerea la 20 kV de la tensiuni sub 6 kV prezintă însă aspectul construirii unei rețele noi.

Pentru viitor se prevede trecerea în continuare a rețelelor la tensiuni superioare în proporții chiar mari decît trecerile efectuate.

Se indică unele date referitoare la vechimea și tipul cablurilor afectate de schimbări de tensiune. Cablurile pînă la 6 kV prezintă o varietate deosebită, în timp ce cablurile de 15 kV sînt mai noi. Se întîlnesc cabluri cu o manta, cu trei mantale, cabluri ecranate.

În majoritatea cazurilor, cablurile supuse schimbării de tensiune au fost încercate în prealabil fie cu tensiune alternativă, fie cu tensiune continuă. Tensiunea de încercare în curent continuu variază (pentru trecere la 10 kV) între 18,5 și 35 kV, iar timpul de încercare între 3 și 60 min.

Se observă o mare varietate de soluții pentru tratarea neutrului în rețelele cu tensiune schimbată, și pare că tratarea neutrului nu influențează încercările de trecere.

În legătură cu înlocuirea cutiilor terminale și a manșoanelor la cablurile trecute la tensiuni superioare, nu se constată o părere unitară: hotărîrea a fost luată de la caz la caz, în funcție de starea rețelei.

În încheierea articolului se prezintă exemple de treceri la tensiuni medii superioare în alte țări. Dintre cazurile citate este interesant de menționat cazul rețelelor de 4 : 12 kV din Italia de nord (cca. 24 000 km), care se trec în mod unitar la 15 kV. Pentru cablurile afectate, hotărîri asupra trecerii sau înlocuirii lor se iau pe bază de încercări.

Experiența trecerii unor rețele de cablu de 5,5 și 6,5 kV, Anglia la 11 kV arată că frecvența deranjamentelor crește în primul an după schimbarea tensiunii, dar scade apoi repede, și după 2–3 ani nu mai este superioară frecvenței deranjamentelor la cabluri corespunzătoare tensiunii rețelei.

În sfîrșit, la Helsinki (Finlanda) se execută trecerea de la 5 la 10 kV a rețelei urbane de cablu.

em. c.

Müller-Guntrum, U.: **Schimbarea tensiunii în rețele de cabluri.** În: Electrotechnische Zeitschrift A, **82**, nr. 22, 1961, p. 702–709.

Deși schimbarea tensiunii, trecerea la o tensiune superioară, poate avea și cauze tehnice, cauzele economice, și anume posibilitatea reducerii costurilor specifice ale distribuției energiei, sînt primordiale.

Posibilitățile trecerii la o tensiune superioară se apreciază prin prisma costurilor necesare operațiilor de trecere. Astfel, chiar dacă aparatajul rețelei corespunde noii tensiuni de funcționare, transformatoarele trebuie rebobinate, atît în stații, cît și în posturi. O dată cu trecerea la tensiuni superioare se efectuează și modernizarea instalațiilor afectate, așa că o parte a costurilor necesare nu ar trebui să fie trecute asupra schimbării de tensiune. Autorul menționează că o parte din costul de trecere la tensiuni superioare a instalațiilor marilor consumatori pot fi trecute asupra acestora, cu atît mai mult cu cît abonații nu se opun acestor măsuri.

În rețelele de cabluri se pune cu acuitate problema folosirii cablurilor existente de 6 sau 15 kV la noile tensiuni de 10 respectiv 20 kV. Un răspuns la această întrebare se poate da în urma analizării comparative a grosimii geometrice a izolației. În general, se observă că la cablurile de 6 kV există o oarecare rezervă electrică, datorită faptului că grosimea izolației este determinată mai mult de considerente de rigiditate mecanică. Astfel, aceste cabluri în cazul trecerii la 10 kV vor suferi suprasolicitări inferioare raportului 6/10. Aceste suprasolicitări vor avea desigur influențe asupra duratei vieții cablului; această influență nu poate însă fi exprimată cantitativ.

Deoarece influențele variațiilor de sarcini produc asupra unei rețele de cablu efecte contradictorii (dilatări-contractări ale masei izolante, mantalei etc.), posibilitățile trecerii depind de modul anterior de exploatare. Pentru a stabili gradul în care rețeaua a fost afectată de exploatarea anterioară, este necesar ca aceasta să fie supusă unor încercări cu tensiune corespunzătoare noii tensiuni de funcționare. Deși părerile asupra nivelului tensiunii de încercare variază, se pot găsi valori unanim acceptabile. În urma acestor probe și în funcție de modul comportării rețelei față de ele, se poate lua o hotărîre asupra menținerii sau înlocuirii manșoanelor sau a altor părți din instalații.

Părerile specialiștilor concordă asupra faptului că poate fi asumată răspunderea unei asemenea schimbări a tensiunii de la 3 la 6 kV, de la 5 (6) la 10 kV, de la 15 la 20 kV, ținînd seamă de condițiile expuse și luînd în considerare o oarecare reducere a vieții cablurilor.

O dată cu trecerea la tensiuni superioare, se poate efectua o unificare a secțiunii rețelei, în vederea ameliorării modului de exploatare și din considerente de pozare. Din considerente de fabricare, rezultă o limită superioară a secțiunii cablurilor. Secțiunile astfel alese se verifică la condiții economice.

Fixarea secțiunii cablurilor și a densității economice a curetului vehiculat permite să se determine lungimea maximă admisibilă pentru un cablu la o tensiune dată. Astfel, la 10 kV raza de acțiune este de circa 3 km (această rază reprezintă circa 60% din lungimea maximă admisibilă) și suprafața alimentată printr-o stație, de circa 30 km^2.

Puterea instalabilă în transformatoarele unor astfel de stații depinde de puterea de rupere a întreruptoarelor. O dată cu progresul tehnic, s-a ajuns la seria 10 kV la putere de rupere uzuală de 250 MVA, ceea ce permite utilizarea transformatoarelor de 31,5 MVA. Aceste stații sînt de regulă tipizate și fără personal permanent.

În multe cazuri se ia în considerare suprimarea treptei intermediare de 30 kV și transformarea directă la 110/10 kV, pe măsura dezvoltării rețelei de 110 kV și a introducerii acesteia în mod economic în orașe.

În vederea luării hotărîrii asupra modificării tensiunii unei rețele, sînt necesare calcule tehnico-economice, pentru o perioadă de circa 15–20 ani de creștere a sarcinii. Într-o astfel de situație de perspectivă, se compară investițiile necesare în cazul menținerii vechii tensiuni cu cele necesare în cazul schimbării tensiunii. Se indică astfel un exemplu concret de calcul, pentru un cartier urban cu circa 300 000 locuitori. Din exemplu citat rezultă pentru soluția măririi tensiunii atît investiții mai mici cît și pierderi reduse.

După luarea hotărîrii de schimbare, toate investițiile noi vor corespunde tensiunii mărite.

Se pune problema care tensiune este mai avantajoasă pentru trecerea de la 4–6 kV: 10 kV sau 20 kV. Prezența unei singure tensiuni de distribuție urbană și regională (20 kV) are anumite avantaje: stații de distribuție mai mari etc. Există însă și dezavantaje: rețelele existente trebuie total înlocuite, cablurile sînt mai costisitoare, instalațiile de 20 kV au gabarite mai mari. Pentru orașele mici și medii însă, aceasta reprezintă o soluție de perspectivă.

La utilizarea în orașe a tensiunii de 10 kV este necesară apariția unor stații coborîtoare în interiorul orașelor.

În vederea schimbării tensiunii, o problemă o reprezintă procurarea transformatoarelor comutabile. În articol se prezintă un exemplu de organizare posibilă a lucrărilor pentru modificarea tensiunii într-o rețea de cablu.

Se expun de asemenea unele considerente asupra schimbării tensiunii într-o parte a reţelei oraşului Hamburg.

em. c.

Möllinger, U. **Din practica modificării tensiunii la 20 kV într-o reţea regională.** În: Elektrotechnische Zeitschrift Augs. A, **82** nr. 22, 1961, p. 717—723.

Se prezintă modul de trecere de la 15 la 20 kV într-o reţea regională a Întreprinderii de electricitate din Germania centrală.

Modificarea tensiunii şi reconstruirea corespunzătoare a reţelelor au fost necesare din cauza învechirii şi supraîncărcării acestora — reconstruirea reţelelor era necesară în orice caz, iar transformatoarele mici trebuiau oricum înlocuite, datorită creşterii sarcinii. Se menţionează că reţelele de 15 kV funcţionează în prezent alături de reţele de 20 kV, astfel că trecerea la 20 kV prezintă avantaje multiple de exploatare. Acestea sînt: reducerea numărului de tensiuni folosite, posibilitatea de interconectare a reţelelor care funcţionau înainte la tensiuni diferite, reducerea nomenclaturii şi a cantităţilor de materiale de rezervă necesare etc.

Mărirea tensiunii nu face decît să amîne cu cîţiva ani investiţiile necesare pentru extinderea reţelei, perioadele de dublare a sarcinii fiind considerate constante. Rezultă că avantajul trecerii la 20 kV este, pe lîngă amînarea investiţiilor, reducerea pierderilor la 20 kV. Calculele economice care compară aceste avantaje cu costul de trecere la 20 kV arată că trecerea la 20 kV este economic avantajoasă.

Finanţarea trecerii la 20 kV nu prezintă dificultăţi, deoarece cheltuielile aferente sînt eşalonate în timp şi o parte importantă a acestor cheltuieli poate fi trecută pe seama operaţiilor normale de întreţinere.

În întreprinderea menţionată, schimbarea tensiunii a afectat o zonă cu suprafaţa de circa 3 600 km², cu sarcina de 50 MVA, dotată cu circa 900 staţii şi cu linii de 1 350 km lungime (din care 90 km cablu).

La modificarea tensiunii, transformatoarele vechi, care prezintă pierderi mari, se înlocuiesc cu altele noi, cu tole laminate la rece, care prezintă pierderi sensibil reduse.

Hotărîrea asupra schimbării tensiunii a fost luată în 1953, dar operaţiile de schimbare au început abia cu 5 ani mai tîrziu. Între timp, toate transformatoarele noi au fost comandate comutabile şi instalaţiile au fost dimensionate pentru noua tensiune.

Costurile totale de trecere necesitate de zona menţionată au fost repartizate precum urmează: înlocuirea şi rebobinarea transformatoarelor — 46,5%; modificarea instalaţiilor pentru protecţia împotriva supratensiunilor 16,2%; modificări în staţii — 14,6%; modificarea izolaţiei — 7,2%; reductoare — 4,3%; diverse (tratarea neutrului etc.) — 11,5%.

Schimbarea tensiunii determină ameliorarea fundamentală a caracteristicilor de exploatare ale reţelei, care însă nu poate fi calculată cantitativ.

La o sarcină de 50 MW, capacitatea de transport creşte cu circa 40 MW; în raport cu costul trecerii, apare astfel un cost specific redus pentru mărirea capacităţii de transport. Se indică o metodă de calcul al cheltuielilor anuale şi al pierderilor în reţele în cele două variante: 15 kVşi 20 kV. Se menţionează necesitatea ca acest calcul să acopere o perioadă îndelungată de timp. În urma calculelor rezultă că soluţia trecerii la 20 kV este mai avantajoasă în cazurile analizate.

Problema trecerii practice de la 15 la 20 kV este o problemă organizatorică. În cei cinci ani premergători trecerii au fost efectuate o serie de lucrări în cadrul celor de exploatare şi întreţinere, precum şi ca lucrări noi, astfel că pentru trecerea propriu-zisă au rămas de efectuat relativ puţine lucrări. La trecerea propriu-zisă au fost necesare întreruperi de scurtă durată pentru comutarea transformatoarelor; operaţiile au fost efectuate fie prin trecerea unei bare a staţiei la 20 kV, urmată de trecerea succesivă a liniilor de pe bara de 15 kV pe cea de 20 kV (concomitent cu operaţiile de comutare din reţea), fie că liniile au fost trecute rînd pe rînd la 20 kV, preluîndu-se succesiv tensiunea de 20 kV din staţie în staţie. Pentru evitarea întreruperilor îndelungate, transformatoarele comutabile deasupra capacului sînt indispensabile.

Transformatoarele comutabile (în umăr mai redus decît toate cele ce urmează să treacă la 20 kV) se grupează în zonele ce urmează să treacă în primul rînd la 20 kV; după trecere, acestea sînt înlocuite cu transformatoare de 20 kV şi mutate în alte zone care urmează să treacă la 20 kV.

Cablurile trecute la 20 kV au fost parţial construite pentru această tensiune, dar nici pentru cele de 15 kV nu au existat reticenţe asupra trecerii la 20 kV fără încercări. Nu au fost observate defecţiuni deosebite în urma trecerii.

Este necesar să existe unele transformatoare de cuplare între 15 şi 20 kV. Acestea se construiesc ca autotransformatoare, însă trebuie protejate suplimentar cu descărcătoare catodice. Autotransformatoarele pot determina mărirea tensiunii în reţelele de 15 kV la valori inadmisibile, în cazul unor puneri la pămînt în reţeaua de 20 kV, astfel încît trebuie luate anumite măsuri de protecţie. În mod normal, aceste autotransformatoare trebuie conectate între reţelele de 15 şi 20 kV numai în caz de necesitate (pentru a vehicula energie în caz de avarii).

em. c.

Déjou, A. şi Pelissier, R.: **Evoluţia tensiunii medii în reţelele de distribuţie „Electricité de France".** În: Revue Générale de l'Electricité, **46**, vol. 71, nr. 1, 1962, p. 13—18.

În 1946, la constituirea E. dF., în reţelele de distribuţie din Franţa erau utilizate circa 25 de tensiuni între 2 şi 25 kV. Din acestea circa zece reprezentau peste 10 000 km reţea fiecare.

Printr-un „plan de normalizare 1948", teritoriul Franţei a fost divizat în zone în cadrul cărora s-au normalizat patru tensiuni: 5,5; 10; 15; 20 kV. În anumite locuri au fost acceptate reţele de repartiţie de 30 kV. Printre tensiunile normalizate 15 kV a fost considerată preferenţială, fiind suficient de ridicată şi în acelaşi timp răspîndită (reprezenta 31% din total). Ca urmare a traducerii în viaţă a acestui plan, în 1960 circa 85% din reţea funcţiona la una din tensiunile normalizate; reţelele de 15 kV au atins 52% din totalul reţelelor, care au crescut în medie cu 2% anual.

În vederea raţionalizării nivelurilor de izolaţie la medie tensiune, s-au analizat două variante posibile: reducerea nivelului de izolaţie la 15 kV, ceea ce ar conduce la reducerea costului respectivului aparataj, şi trecerea reţelelor existente de 15 kV la 20 kV, cu menţinerea în general neschimbată a nivelului de izolaţie existent. Ultima variantă, care presupune mărirea capacităţii de transport a reţelelor existente, dar necesită costuri pentru modificarea tensiunii, a fost considerată mai promiţătoare şi adoptată pentru studiere. Era necesară verificarea posibilităţilor tehnice de a exploata la 20 kV materialele şi reţelele de 15 kV în starea în care ele se găsesc sau prin efectuarea unor modificări puţin însemnate.

Încercările de laborator efectuate asupra materialelor existente în reţe au arătat că practic toate întreruptoarele de 15 kV de construcţie actuală conservă o putere de rupere cel puţin egală celei garantate, cînd sînt folosite la 20 kV; în unele cazuri particulare au fost necesare modificări care s-au dovedit întotdeauna minore. Aceeaşi concluzie poate fi extinsă în mod practic asupra tuturor aparatelor construite în ultimii zece ani. Constructorii de aparate, care au fost ţinuţi la curent cu studiile efectuate, au apreciat că aparatajul de 20 kV derivat din cel actual de 15 kV va putea fi considerat perfect adaptat după mici modificări de detaliu care nu pun probleme deosebite.

Încercările efectuate asupra izolaţiei aparatelor şi transformatoarelor de 15 kV au explicitat o asemenea limită de securitate, încît funcţionarea acestora la 20 kV nu pune probleme de izolaţie. Noul nivel redus de izolaţie prevăzut pentru reţelele de 20 kV (tensiune de încercare de şoc—95 kV, tensiune de încercare la 50 Hz—45 kV) nu determină modificarea dimensionării actualelor aparate de 15 kV. În ceea ce priveşte cablurile de 15 kV, mărirea tensiunii le scurtează durata de viaţă. Încercările efectuate permit să se presupună că cablurile de 15 kV exploatate la 20 kV au o durată de viaţă cuprinsă între trei şi zece ani.

Pentru confirmarea practică a concluziilor teoretice şi a încercărilor de laborator, s-a recurs la trecerea la 20 kV a unor zone de reţea. Prima dintre zonele trecute la 20 kV, deşi era prevăzută pentru 15 kV, era exploatată la 12 kV; urmă-

toarele două zone erau exploatate la 15 kV. În nici una din aceste rețele nu au fost evidențiate puncte slabe care ar suporta mai rău tensiunea de 20 kV decît pe cea de 15 kV. Înlocuirea prealabilă limitată și deci puțin oneroasă în rețele aeriene a materialului cu caracteristici prea slabe s-a dovedit suficientă, cu toate că unele materiale lăsate în serviciu nu au fost conforme nici măcar normelor impuse pentru materiale noi de 15 kV.

Noile niveluri de tensiune alese pentru 20 kV corespund nu numai rețelelor de 20 kV cu neutrul pus la pămînt, ci și celor cu neutru izolat ori dotat cu bobine de stingere, cu condiția ca orice defect la pămînt să fie eliminat într-un timp foarte scurt (minute).

La 20 kV, capacitatea de transport a unei rețele de 15 kV, care-și conservă structura și secțiunea liniilor și cablurilor, este multiplicată printr-un număr cuprins între 1,33 și 1,77. Aceeași rețea va putea face deci față unei creșteri a sarcinii în același raport, ceea ce corespunde unei durate de 4—8 ani (perioada de dublare de zece ani).

Calculul de rentabilitate a trecerii la 20 kV a arătat beneficii de peste 10% în favoarea trecerii, cu toată prudența deosebită a estimărilor efectuate.

În urma concluziei de trecere la 20 kV a rețelelor existente de 15 kV, s-a pus problema dacă mai este cazul să se mențină tensiuni inferioare celei de 20 kV, în special în rețelele subterane. Concluzia trasă este că, deoarece în Franța rețeaua de 10 kV este mai puțin dezvoltată decît în străinătate, dezvoltarea de perspectivă a acestei rețele poate fi asigurată mai bine prin trecere la 20 kV. În ceea ce privește însă rețelele subterane de 15 kV, care prezintă o dezvoltare deosebită în Franța, problema nu a fost încă rezolvată. Se întrevede în această direcție posibilitatea menținerii unor insule de cablu de 15 kV.

Una dintre urmările principale ale hotărîrii cu privire la trecerea rețelelor la 20 kV este dispariția progresivă a rețelelor de repartiție de 30 kV, a căror suprapunere peste o rețea de 20 kV nu va fi desigur justificată.

Trecerea rețelelor existente la 20 kV urmează a se efectua progresiv, pe măsura apariției necesităților de întărire a rețelelor și cu grija de a opri cît mai devreme posibil aprovizionarea cu alte transformatoare decît cele ce au înfășurări de 20 kV la tensiune medie.

e. m.

ETZ-B, *13*, 1961, nr. 15, p. 414

Pe insula Mauritius este proiectată o centrală maritimă. Pe această insulă trăiesc circa 640 000 locuitori, care în trecut erau alimentați cu energie electrică din mai multe centrale Diesel, cu abur, sau din hidrocentrale. Centrala proiectată, care le va înlocui pe toate cele de mai sus, va folosi lovitura regulată a valurilor mării dinspre sud. Valurile cu o înălțime de 4,5 m vor fi conduse pe planuri înclinate în bazine mari, de unde apa se va scurge înapoi în mare prin canale și prin roțile turbinelor.

g. c.

Termoenergetica

Gazda, I. **Contribuții la indicii tehnico-economici ai centralelor termoelectrice cu condensație.** În: Energetika (R.S.C.) nr. 2, 1962, p. 60—62.

Articolul se ocupă de problema indicilor tehnico-economici în ceea ce privește investițiile în marile centrale electrice cu condensație, arătînd cum scad investițiile specifice cu mărirea puterii blocurilor din centrale după date din literatura sovietică, engleză, germană, cehă etc. (tabela 1).

În articol se analizează amănunțit construcția unei centrale cu condensație de 6×110 MW, părțile ei componente și modul în care acestea influențează asupra scăderii investițiilor specifice.

Defalcarea investițiilor specifice pentru o asemenea centrală este următoarea:

— partea de construcție (organizarea șantierului, construcții anexe pentru montaj etc.) 24%
— partea tehnologică 76%

Partea tehnologică cuprinde:

— cazane și instalații aferente 31,38%
— turbine și instalații aferente 19,72%
— conducte, armături etc. 9,75%
— alte elemente (instalații de transport etc.) 15,15%

În articol, pentru centrala studiată (6 × 110 MW) se da detaliat defalcarea investițiilor sub formă de tabele pe repere și posibilitățile de a fi micșorate.

Tabela 1

Țara	Puterea centralei n. blocuri, MW	Parametrii		Investiții specifice pe kW, %
		presiunea, ata	temperatura, °C	
U.R.S.S.	1 × 100	—	—	100
	4 × 200	130	565	79
	4 × 600	240	580	60
S.U.A.	2 × 400			100
	1 × 600			98,5
	1 × 800			91,0
	4 × 600			91,0
	3 × 800			86,5
R.S.C.	6 × 110	130	565/535	100 (1460kčs/kW)
	4 × 200			90
	3 × 400			81
	3 × 800			73
	4 × 50	90	535	100
	4 × 100	90	535	84,5
	4 × 200	130	565/565	77,2
	4 × 300	130	580/565	61,1

Norme de proiectare a CTE în U.R.S.S. Partea termomecanică. În: Teploenerghetika, nr. 11, 1961, p. 85—90.

Se prezintă paragrafele 34—128 din aceste norme, care tratează partea termomecanică. Din acestea se menționează:

1. Cazanele de vîrf, de apă caldă, se încălzesc cu gaze sau păcură, se echipează pentru exterior și se amplasează pe teritoriul CTE.

2. În centralele electrice cu presiunea de 90—130 ata se aplică cazane cu tambur sau cu trecere directă. Peste 130 ata se aplică cazane cu trecere directă.

3. La cazane, limitele de producție pînă la care se prevede un singur ventilator de aer sau un singur exhaustor sînt respectiv 160 și 120 t/h.

4. Pentru reglarea debitului ventilatoarelor de aer și de gaze se folosesc aparate directoare cu palete mobile și motoare cu două viteze (sau cîte două motoare de viteze diferite pentru debite $\geqslant$ 200 t/h) sau cuple hidraulice.

5. La arderea păcurii cu un procent mare de sulf, trebuie să se prevadă instalații de mecanizare a introducerii aditivilor în cazane (magnezită și altele).

6. Cu excepția centralelor deschise, la proiectarea centralelor noi (și la extinderi cu minimum trei cazane) cu cazane mai mari de 120 t/h se prevede un pod rulant pentru montaj și reparații.

7. În centralele cu schema-bloc, se prevede pentru fiecare bloc cîte un grup independent de pompe de alimentare cu o pompă de rezervă în grup de minimum 50% din debitul nominal. Pompele acționate electric trebuie să fie prevăzute cu cuplă hidraulică; pompa de rezervă trebuie să fie acționată electric.

La blocurile mai mari de 300 MW, precum și la turbinele CKP-100, pompele de alimentare de bază sînt acționate prin turbine cu abur.

8. În centralele cu schema-nebloc, magistrala de aspirație a pompelor de alimentare și cea de refulare la preîncălzitorii de presiune înaltă și magistrala de alimentare din sala cazanelor se execută simple, cu ventile de secționare.

9. În sala mașinilor se instalează două poduri rulante, din care unul pentru montaj.

10. Capacitatea rezervoarelor de păcură:

— la cazanele de vîrf, de apă caldă: pentru 5 zile sau 10 zile după cum distanța de transport este $\leqslant 300$ km sau > 300 km, consumul zilnic fiind calculat la temperatura medie, din luna cea mai rece;

— combustibil de rezervă la centrale pe gaze: consumul pe 5 zile la sarcina plină a centralei;

— combustibil de bază: pentru 15 sau 10 sau 5 zile corespunzător distanței de transport de respectiv $\geqslant 1\,000$ km, $\geqslant 300$ km, < 300 km.

c. d

Malevici, J. A. **Proiect de construcție a părții termice la marile centrale electrice.** În Energetika (R.S.C.)., nr. 2, 1962, p. 84.

Puterea centralelor termoelectrice a crescut în ultima vreme în așa măsură încît soluțiile clasice adoptate în construcția centralelor termoelectrice pentru sala cazanelor, a turbinelor, pentru coșuri și turnuri de răcire și alte instalații nu mai corespund.

La centralele de mare putere de 1 600, 2 400 sau 3 200 MW cu blocuri de 400, 600 sau 800 MW, fiecare bloc este format din cazan, turbină, ventilatoare de aer și gaze, instalații de desprăfuire, coș și turn de răcire și alte instalații. Proiectul prevede construirea turnului de răcire și a coșului într-un singur ansamblu, coșul de fum formînd pilonul central al turnului de răcire.

Fiecare bloc reprezintă o unitate independentă funcționînd ca o centrală separată.

Construcția centralei în ansamblu poate fi eșalonată pe blocuri, fără a se influența funcționarea instalațiilor precedente.

Șarpanta sălii cazanelor este din beton armat și este susținută de scheletul cazanului. Între cazane este prevăzut spațiu de trecere în care sînt așezate și conductele de apă.

Pe axa cazanului și turbinei este prevăzută calea ferată de acces. Canalul de gaze și instalațiile aferente sînt așezate perpendicular pe axa cazanelor. Stația electrică este exterioară.

O centrală compusă din patru blocuri apare formată dintr-un ansamblu central de formă pătrată, care cuprinde cazanele, în exteriorul cărora se găsesc grupurile turbogeneratoare la colțuri și la oarecare distanță coșurile și turnurile de răcire, cîte unul pe bloc. Alimentarea cu combustibil se face din două părți laterale, din două depozite separată.

c. w.

Bolotov, V. V. și Gheltman, A. E. **Eficacitatea economică a măririi agregatelor și blocurilor din centralele electrice cu condensație.** În: Teploenerghetika, nr. 2, 1962, p. 8—15.

După ce se examinează cîteva aspecte ale oportunității creșterii puterii unitare a agregatelor energetice din marile centrale electrice cu condensație, se trag următoarele concluzii:

1. Despre o limită economică a puterilor unitare ale agregatelor de bază din centrale nu poate fi vorba, întrucît ridicarea puterii unitare a acestor utilaje pe măsura dezvoltării energeticei în U.R.S.S. este o necesitate economică.

2. Aspectul economic al problemei de cercetare a căilor optime de dezvoltare a construirii marilor centrale constă în justificarea economică a numărului de trepte și a puterii unitare din fiecare treaptă și termenul de largă aplicare, corespunzătoare cu dinamica de dezvoltare a sistemelor energetice și cuplarea lor.

3. Justificarea economică trebuie să ia în considerare nu numai indicii noilor utilaje la fabricarea lor în serie și largă aplicare, ci și cheltuielile suplimentare în fabricile constructoare și în sistemele energetice care sînt antrenate atît de crearea noilor tipuri cît și de condiția siguranței de alimentare cu energie.

4. La justificarea economică a numărului de trepte trebuie să fie rezolvată problema: un singur tip de centrale sau două: de bază și de vîrf.

5. Proiectarea noilor trepte de puteri unitare ale agregatelor trebuie să fie însoțită de prelucrarea complexului de măsuri tehnice și de soluții necesare pentru obținerea efectului maxim.

c. d.

Gonciarov, S. P. **Căile pentru grăbirea și ieftinirea construirii marilor centrale termoelectrice.** În: Teploenerghetika, nr. 2, 1962, p. 3—8.

Concluziile articolului sînt:

1. Tehnologia actuală de montaj a utilajelor energetice, negăsindu-se la un nivel suficient de ridicat, necesită forțe de muncă numeroase pentru montaj și nu corespunde condițiilor moderne de construire accelerată a centralelor electrice. Montarea utilajului executat în blocuri reduce forțele de muncă și timpul de lucru și îmbunătățește considerabil calitatea echipamentului și a construcției. Fabricile constructoare ar trebui să furnizeze utilajul numai în blocuri.

2. Folosirea noilor tipuri de prefabricate izolante micșorează mult numărul muncitorilor ocupați cu lucrările de izolație și durata de execuție a acestora.

3. Normele de durată a execuției marilor centrale stabilite în 1961 trebuie considerate ca document de bază obligatoriu la planificarea construirii centralelor, la finanțarea și asigurarea materialelor necesare.

4. Ca urmare a calității uneori nesatisfăcătoare a utilajului energetic și a pierderii de timp pentru execuția pe șantier a unor elemente de utilaj nestandardizate sau a unor părți de construcție metalice, crește mult numărul de oameni necesari pe platforma de montaj. Este necesar să se desăvîrșească organizarea operațiilor de montaj, să se îmbunătățească calitatea utilajelor furnizate și să se centralizeze complet fabricarea elementelor nestandardizate.

5. Pentru o participare mai activă a fabricilor furnizoare de echipamente energetice la construirea centralelor și pentru mărirea răspunderii lor, urmează ca planul anual să fie întocmit de organizațiile de montaj, împreună cu fabricile constructoare. În acest plan trebuie să fie revizuită poziția efectivă de *șef-montaj* a fabricilor.

6. Fabricile constructoare de utilaj energetic trebuie să prelucreze și să supună ministerului centralelor electrice măsurile de scădere a costului utilajelor, care este determinant în costul de instalare a centralelor electrice.

c. d.

Uşakov, G. A.. **Acționarea prin turbine a pompelor de alimentare din CTE** În: Teploenerghetika, nr. 3, 1962, p. 30—33.

La blocurile de 300 MW se impune acționarea prin turbine; la blocurile de 150 MW și 250 MW, alegerea nu se poate face decît în baza unui calcul tehnico-economic corect. Concluziile asupra acestui calcul sînt:

1. Aprecierea prin determinarea numai a economicității termice nu pune în valoare toți indicii tehnico-economici ai acționării prin abur.

2. Determinarea cheltuielilor anuale la sarcina nominală a generatoarelor permite stabilirea tuturor indicilor tehnico-economici.

3. Indicii tehnico-economici obținuți permit extinderea domeniului de aplicare a acționării prin turbină; agregatul compus din pompă și turbină de contrapresiune este mai sigur și mai compact decît cel realizat cu electromotor, reductor și cuplă hidraulică. Livrarea unei însemnate puteri suplimentare de la barele centralei asigură indici favorabili chiar în cazul unui randament relativ scăzut al turbinei de acționare.

4. Pentru a obține indici ridicați, trebuie îmbunătățit randamentul turbinei de acționare și aleasă varianta optimă de încadrare în schema termică generală a centralei.

c. d.

Conferința pentru ridicarea nivelului tehnic de exploatare a cazanelor lucrînd cu păcură. În: Teploenerghetika, nr. 3, 1962, p. 92.

În esență conferința a cerut sau recomandat:

1. Pentru scopuri energetice să se extindă tot mai mult folosirea păcurii cu un conținut de $S \geqslant 2{,}5\,\%$. Arderea păcurii

cu procent mare de S, în cazane şi în special în cele de mare producţie, antrenează dificultăţi serioase; totuşi s-au obţinut perioade de funcţionare neîntrerupte de 4—4 1/2 luni cu $\eta = 89-90\%$.

2. Deşi s-au obţinut anumite progrese, totuşi sînt încă nerezolvate probleme care ameninţă extinderea utilizării acestora la centrale foarte mari, spre exemplu: impurificarea atmosferei cu gaze sulfuroase.

3. Cere Comitetului de stat al planificării să coordoneze lucrările institutelor de cercetări şi ale sistemelor energetice pentru rezolvarea problemei arderii păcurii cu procent de S ridicat.

4. Recomandă ca institutele de resort să proiecteze un nou tip de cisterne mai potrivit pentru transport şi scurgere, cunoscînd că cisternele actuale cu încălzire prin abur nu asigură completa golire.

5. Recomandă staţii de pompe şi rezervoare subterane, precum şi instalarea colectorului de descărcare în axul estacadei respective (între şine); preîncălzitoarele de tipul „U" să fie înlocuite cu preîncălzitoare de tipul „ţeavă în ţeavă".

6. Pentru limitarea neajunsurilor rezultate din depuneri roagă Comisia de standardizare să impună reducerea cenuşii de la 0,3 la 0,15% pentru păcurile arse în focarele cazanelor.

7. Pentru reducerea depunerilor şi a coroziunilor se recomandă centralelor electrice să lucreze cu minimum de exces de aer şi să nu se recurgă la variaţia acestuia pentru reglarea supraîncălzirii.

8. Pentru combaterea depunerilor tari şi evitarea coroziunilor, se recomandă introducerea neîntreruptă de magnezită în focar şi în treapta I a preîncălzitorului de aer. Folosirea magnezitei se asociază obligatoriu cu curăţirea prin alice a suprafeţelor posterioare. Electrocentralele vor continua încercările de curăţire „în mers" a supraîncălzitoarelor suspendate şi a festoanelor, la care curăţirea prin alice nu este posibilă.

9. Cere ORGRES să prelucreze instrucţiunile de spălare cu apă rece a cazanelor oprite, ceea ce asigură o îndepărtare eficace a depunerilor de pe suprafeţe şi limitează la minim coroziunile.

10. Cere Institutului de cercetări petrochimice să continue încercările cu inhibitori lichizi în păcurile sulfuroase pentru reducerea depunerilor şi coroziunilor. Se observă că experimentările industriale ale inhibitorului V.N.I.I.-NP-102 au infirmat eficacitatea acestuia.

11. ORGRES împreună cu Institutele de proiectare să întocmească proiecte tip pentru:

a) gospodăria de magnezită;

b) curăţirea prin alice şi automatizarea acesteia.

12. Pentru lărgirea cîmpului de reglare a debitului cazanului şi deci şi a automatizării procesului de ardere, injectoarele de păcură vor fi construite astfel încît să asigure o pulverizare fină la variaţii mari de debit. Se recomandă ridicarea presiunei păcurii la intrarea în arzătoarele cu pulverizare mecanică, pînă la 35 at pentru cazane de debite foarte mari.

13. Automatizarea arderii să se obţină folosind ambele căi: reglarea presiunii prin ventile şi scoaterea (respectiv introducerea) injectoarelor.

14. Este necesară stabilirea (de către un institut ştiinţific) a unei metodici noi pentru determinarea punctului de congelare, a conţinutului de vanadiu, a cenuşii şi a unei metodici unice pentru scoaterea, omogenizarea şi analizarea probelor de păcură.

15. ORGRES-sud să continue încercările de creare a noi înregistratoare de nearse chimic.

16. Considerînd primele rezultate favorabile obţinute — coborîrea punctului de rouă şi reducerea coroziunilor suprafeţelor posterioare — prin aditivi (amoniac gazos) în gazele de ardere, roagă Sistemul energetic din Başkiria să continue cercetările cu amoniac şi să publice rezultatele. *c. d.*

Kozievscki, J. şi Chodakowski, J. **Studiu analogic al reţelelor de fluide.** În: Industries Thermiques, nr.12, 1961, p. 787—800.

Marea dezvoltare a instalaţiilor sanitare şi de încălzire din oraşe măreşte importanţa calculului corect al acestor instalaţii, atît din punctul de vedere constructiv, cît şi din cel al exploatării.

Acest lucru se referă în special la reţelele de distribuţie de apă, de gaze, la reţelele de termoficare cu abur sau cu apă fierbinte etc., la care se fac ample studii tehnice şi economice care nu mai pot fi făcute decît cu metode de calcul analogice, electronice, bazate atît pe relaţii liniare cît şi pe relaţii exponenţiale.

În articol se prezintă o serie de lucrări executate la Institutul pentru echipament tehnic de construcţie de la Universitatea tehnică din Varşovia, unde se studiază reţelele buclate pentru transportul căldurii, în loc de reţele ramificate utilizate pînă în prezent, cu ajutorul metodei analogice de calcul.

Studiile se fac pe un analizor electronic neliniar executat la institut. Se arată modul de construcţie a calculatoarelor analogice electronice, modul de identificare a relaţiilor termice sau hidraulice cu relaţiile electrice şi compararea între diverse tipuri de sisteme analoge cu lămpi fluistor, tuburi triode sau dubletriode şi tranzistoare.

În continuarea articolului se arată cele mai reprezentative cazuri de reţele de fluide rezolvate cu modele analoge electrice, începînd din anul 1930, precum şi lucrările executate la Institutul politehnic şi de energetică din Leningrad, asupra relaţiilor neliniare cu ajutorul tuburilor triode.

Articolul are o bibliografie foarte bogată, cuprinzînd peste 55 de titluri de lucrări.

w. c.

Energetică nucleară

Sidney, L. Hollands. **Programe nucleare naţionale.** În: Nuclear Power, ian. 1962, p. 56—64.

În articol se prezintă pentru un număr de 44 de ţări (23 din Europa, 10 ţări din America şi 11 ţări din Australia, Africa şi Asia) situaţia programelor de cercetări nucleare, a programelor de construcţie şi exploatare de reactoare experimentale şi energetice.

Pentru fiecare ţară se studiază detaliat balanţa energetică, arătînd resursele energetice şi modul de echilibrare a balanţelor energetice în prezent şi perspectivele de echilibrare în viitor, precum şi situaţia combustibilului nuclear.

În cadrul studierii situaţiei energiei nucleare în diverse ţări se arată şi rezultatele obţinute la folosirea ei şi în alte scopuri, ca: tracţiune terestră şi navală etc.

În Uniunea Sovietică se fac intense cercetări în domeniul transformărilor directe în energie electrică. La baza cercetărilor în domeniul energiei nucleare, în afară de centralele nuclearo-electrice în funcţiune, ca cea din Siberia, de 100 MW, mai sînt şi centralele nuclearo-electrice de la Voronej, de 210 MW, şi cea de la Beloiarsk, de 100 MW, care vor intra în funcţiune în cursul anului 1962. De asemenea se întocmesc planurile de construcţie a unui mare reactor energetic rapid de 800 MW.

Franţa şi-a păstrat programul nuclear anunţat anterior, de a instala 800 MW în centrale nuclearo-electrice pînă în 1965, cu toate că CNE-EDF-1 de 60 MW a avut o întîrziere de construcţie de doi ani (va fi gata în 1962). Centrala nuclearo-electrică EDF-2 va fi terminată de asemenea în 1962. Au început lucrările la EDF-3 de 375 MW şi la EL-4 de 84 MW, planificat să devină critic în 1964.

Lucrările la CNE de 70 MW de la Rheinsterg (R.D.G.) sînt într-o fază avansată de construcţie.

În Italia, reactorul de la CNE Latina de 200 MW va deveni critic în cursul anului 1962.

În Republica Populară Polonă se prevede construirea cu ajutorul U.R.S.S. a celui de-al doilea reactor de cercetări cu moderator grafit şi răcit cu gaze; de asemenea se prevede construirea unui reactor de 15 MW şi a unui al treilea reactor de cercetări de 1 MW.

Republica Populară Ungară va construi cu ajutorul U.R.S.S. un centru de cercetări nucleare la Munkas, care va fi înzestrat şi cu un reactor experimental.

În încheierea articolului se prezintă într-o tabelă caracteristicile tehnice principale pentru reactoarele în construcţie sau în funcţiune, la 1 ianuarie 1962, grupate pe tipuri.

w. c.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.32/39

Работы симпозиума под эгидой ЕЕК-ООН: „Рациональное использование электроэнергии", Варшава, май, 1962 г

Energetica, *10* (1962) № 9, стр. 361–378

ДК 621.311.15/16

Marcu B. : **Технические вопросы регулирования кривой нагрузки. Доклад представленный делегацией РНР на симпозиуме: „Рациональное использование электроэнергии", Варшава, май, 1962 г**

Energetica, *10* (1962) № 9, стр. 379–382

ДК 621 187

Grosz I. : **Точка росы и вопросы коррозии рекуператорных поверхностей в конце котла**

В статье приводятся типы измерительной температуры, используемые в различных странах для определения точки росы и излагаются выводы исследований в отношении коррозии в случае работы ниже температуры точки росы.

Energetica, *10* (1962) № 9, стр. 383–388

ДК 621.314.1.052.45

Petroiani A. : **Некоторые вопросы численного расчета, возникающие при определении работы окольцованных сетей с помощью электронных вычислительных машин**

В статье дается пояснение итеративного способа решения циркуляционных проблем мощностей в случае окольцованных сетей в условиях колебания на узлах.

Energetica, *10* (1962) № 9, стр. 389–395

ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННИКОВ

ДК 621.187

Dinulescu C. : **Нарушения в эксплуатации эжекторов и возможности их предупреждения**

Energetica, *10* (1962) № 9, стр. 396–398

ДК 621.187.3

Beldiman M.и Voinea M. : **Результаты и обобщение нового метода мойки термофикационных сетей гидропневматическим способом**

Energetica, *10* (1962) № 9, стр. 398–400

ДИСКУССИИ

ДК 535.241.46

Stoica M. : **Замечания в связи со статьей „Расчет флюресцентного освещения" инж. Д. И. Динулеску. (Энергетика *9*. № 1, 1961, стр. 31–34)**

Energetica, *10* (1962) № 9, стр. 400–401

РЕЦЕНЗИИ, стр. 401–402

ДОКУМЕНТАЦИЯ, стр. 403–408

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.32/39

Die Arbeiten der in Warschau Mai 1962, unter der Schirmherrschaft der CEE–O.N.U. abgehaltenen Tagung über das Thema : „Rationelle Verwendung der elektrischen Energie"

Energetica, *10* (1962) H. 9, S. 361–378

DK 621.311.15/16

Marcu, B. : **Technische Fragen der Regelung von Lastkurven. Von der Delegation der RVR der Tagung vorgelegte Abhandlung**

Energetica, *10* (1962) H. 9, S. 379–382

DK 621.187

Grosz, I. : **Der Taupunkt und die Frage der Korrosion von vor Kesselaustritt befindlichen Rückwärmeflächen**

Es werden die in verschiedenen Landern für Bestimmung des Taupunkts verwendeten Messgeräte angeführt und die Ergebnisse der bei unter dem Taupunkt liegenden Temperaturen vorgenommenen Untersuchungen erortert.

Energetica, *10* (1962) H. 9, S. 383–388

DK 621.314.1.052.4

Petroianu, V.C. : **Einige bei Bestimmung der Betriebszustände vermaschter Netze mittels elektronischer Rechner auftretende Rechenfragen**

Es wird das iterative Verfahren für die Berechnung der Leistungs verteilung in vermaschten Netzen bei veränderlichen Betriebszuständen in den Knotenpunkten erörtert.

Energetica *10* (1962) H. 9, S. 389–395

DISKUSSIONEN

DK 621.187

Dinulescu, C. : **Störungen im Betrieb von Ejektoren und Massnahmen zu ihrer Beseitigung**

Energetica *10* (1962) H. 6, S. 396–398

DK 621.187.3

Beldiman, M. und *Voinea, M.* : **Ergebnisse und Anwendung des neuen hydropneumatischen Auswaschverfahrens für Fernwärmeleitungen**

Energetica *10* (1962) H. 6, S. 398–400

DK 535.241.46

Stoica, M. : **Bemerkungen zu dem Beitrag von D. I. Dinulescu „über die Berechnung der fluoreszenten Beleuchtung" (Energetica *9* (1961) H. 1, S. 31–34)**

Energetica *10* (1962) H. 6, S. 400–401

RECENSIONEN, S. 401–402

DOKUMENTATION, S. 403–408

SOMMAIRE

CD 621.32/39

Travaux du symposium ayant eu lieu sous l'égide de la CEE — O.N.U. sur : „L'utilisation rationnelle de l'energie electrique" — Varsovie, Mai 1962

Energetica, *10* (1962) No. 9, p. 361 – 378

CD 621.311.15/16

Marcu B. : **Problèmes techniques du réglage de la courbe de charge. Rapport présenté par la délégation de la République Populaire Roumaine au symposium sur : „L'utilisation rationnelle de l'énergie électrique" — Varsovie, Mai 1962**

Energetica, *10* (1962) No. 9, p. 379 – 382

CD 621.187

Grosz I. : **Le point de rosée et la corrosion des surfaces de régénération à l'arrière de la chaudière**

L'auteur présente des types d'appareils de mesure employés dans différents pays pour déterminer le point de rosée ainsi que les conclusions des recherches sur la corrosion en cas de fonctionnement à température inférieure au point de rosée.

Energetica, *10* (1962) No. 9, p. 383 – 388

CD 621.316.1.052.4.001.24

Petroianu A. : **Quelques problèmes de calcul numérique qui paraissent en cas de détermination des régimes de fonctionnement des réseaux bouclés à l'aide de calculateurs électroniques**

L'auteur présente, à l'aide d'exemples, la méthode itérative de solution des problèmes de circulation de puissance dans des réseaux bouclés en considérant les variations des injections de courant.

Energetica, *10* (1962) No. 9, p. 389 – 395

A L'AIDE DE L'EXPLOITATION

CD 621.187

Dinulescu C. : **Perturbations dans l'exploitation des éjecteurs et remèdes possibles**

Energetica, *10* (1962) No. 9, p. 396 – 398

CD 621.187.3

Beldiman M. et *Voinea M.* : **Nouvelle méthode de lavage hydro-pneumatique des réseaux de thermification — Résultats et généralisation**

Energetica, *10* (1962) No. 9, p. 398 – 400

DISCUSSIONS

CD 535.241.46

Stoica M. : **Observations sur l'article : „Le calcul de l'éclairage fluorescent" par D. I. Dinulescu (Energetica *9*, No. 1, 1961, p. 31 – 34).**

Energetica, *10* (1962) No. 9, p. 400 – 401

COMPTES-RENDUS, p. 401 – 402

DOCUMENTATION, p. 403 – 404

CONTENTS

DC 621.32/39

Symposium on the : „Rational Utilisation of Power" sponsored by the EEC — O.N.U. Warsaw — May 1962

Energetica, *10* (1962) Nr. 9, p. 361 – 378

DC 621.311.15/16

Marcu, B. : **Technical problems concerning load characteristic control. Paper submitted by the Delegation of the Roumanian People's Republic at the Symposium on : „Rational Utilisation of Power", Warsaw, May 1962**

Energetica, *10* (1962) Nr. 9, p. 379 – 382

DC 621.187

Grosz, I. : **The dew point and the corrosion of the boiler rear regeneration surfaces**

Some types of measuring instruments used in different countries for recording the dew point are presented in this paper together with the conclusions of the research work on corrosion when running at a temperature inferior to the dew point.

Energetica, *10* (1962) Nr. 9, p. 383 – 388

DC 621.314.1.052.4

Petroianu, A. : **Some numeric computation problems which appear when determining the working regime of looped networks with the help of electronic computers**

The paper contains an exemplification of the iterative method of solving power circulation problems in case of looped networks with variations of the nodal conditions.

Energetica, *10* (1962) Nr. 9, p. 389 – 395

AIDING THE EXPLOITATION SECTOR

DC 621.187

Dinulescu, C. : **Perturbations in the operation of ejectors and clinics**

Energetica, *10* (1962) Nr. 9, p. 396 – 398

DC 621.187.3

Beldiman, M. and *Voinea, M.* : **A new method of hydro-pneumatic cleaning of distance heating nets — Results and generalization**

Energetica, *10* (1962) Nr. 9, p. 398 – 400

DISCUSSIONS

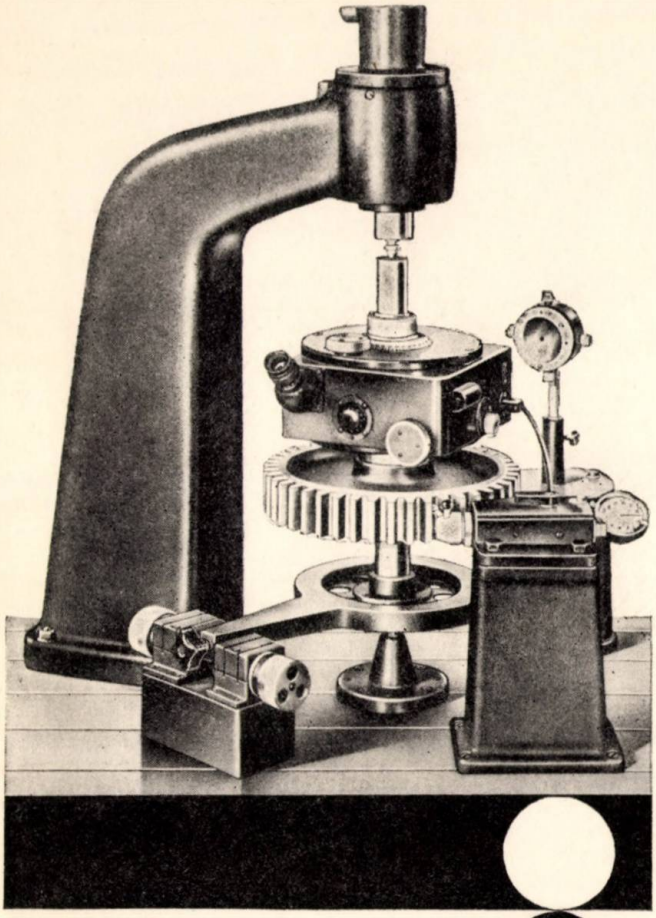
DC 535.241.46

Stoica, M. : **Remarks on the article : „Computation of fluorescent illuminating" by D. I. Dinulescu (Energetica *9*, 1961, Nr. 1, p. 31 – 34)**

Energetica, *10* (1962) Nr. 9, p. 400 – 401

REVIEWS, p. 401 – 402

DOCUMENTATION, p. 403 – 408



Noul aparat de măsurat diviziuni de unghiuri

(„DIVIZOR" OPTIC)

este un instrument de precizie pentru marcarea şi verificarea diviziunilor unghiurilor de cerc pe discuri mari divizoare, pe sectoare de plăci, roţi dinţate, mese circulare şi poligoane cu axă de rotire verticală sau orizontală.

Principiul de măsurare: autocolimarea
Domeniul de măsură: 0...360°
Valorile de scală: 1″

Cereţi prospectul cu indicativul 24.431.1

VEB Carl Zeiss JENA

CARL ZEISS JENA

INGINERI ŞI TEHNICIENI

ABONAŢI-VĂ
PE ANUL 1963

la publicaţiile tehnice ale Ministerului Minelor şi Energiei Electrice:

- **REVISTA MINELOR**
- **ENERGETICA**

Costul unui abonament anual pentru ingineri şi tehnicieni: 30 lei; pentru biblioteci, instituţii, cabinete tehnice etc. 100 lei. Plata se face prin cont virament nr. 0400214 B. I. — Filiala Bucureşti sau la administraţia publicaţiilor: Bucureşti, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie.

A apărut volumul X

din

Lexiconul Tehnic Romîn

— ELABORARE NOUĂ —

Volumul conţine termenii directori care încep cu litera **L — Mec**

Costul unui volum 100 lei

Vă puteţi procura acest volum, ca şi cele anterioare, la librării, difuzorii de cărţi din întreprinderi şi prin Editura Tehnică, Bucureşti, str. Ştirbey Vodă nr. 37, Raionul 16 Februarie.

E 2039

R

ENERGETICA

Energetica — Vol. 10 — octombrie 10 nr. 10/1962 — p. 409-456 — Bucureşti

1962

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. **Lucrările** ce pot fi prezentate spre publicare sînt :

1.1.1. *de importanță generală* (principii noi, dispoziții noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite ale unor fenomene fizice și procese tehnice cu caracter general) ;

1.1.2. *tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale,* avînd contribuții originale, dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilității unor dispoziții, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ;

1.1.3. *tehnice obișnuite* (expunerea studiului unor probleme tehnico-științifice, discuții și critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. **Legătura cu practica** muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să cuprindă propuneri de viitor.

1.3. **Verificarea experimentală** se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. **Lucrările** care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. Organizarea lucrării

2.1.1. *Titlul* va reprezenta în minimum de cuvinte obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărțirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor și înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul.* În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obținute, cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text ; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* Afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrșitul lucrării. Referirea se va face indicîndu-se poziția lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. Prezentarea lucrării

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stilul.* Redactarea va fi clară și concisă. Ortografia va fi în concordanță cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepția celor unanim cunoscute.

(Continuare pe coperta a III-a)

ENERGETICA

ANUL 10 Nr. 10 OCTOMBRIE 1962

CUPRINS

CZ 621.165.004.64

Dinulescu C. : **Erori posibile în exploatarea turbinelor cu abur**

În articol se arată metoda de calcul al solicitărilor termice în diferite situații de exploatare. În continuare se analizează erorile care se pot comite de personalul de exploatare și se indică mijloacele de prevenire.

Energetica, *10* (1962) nr. 10 p. 409–416

CZ 624.131 : 624.15.001.5

Budeanu C. : **Studii pe teren și cercetări în laboratoare realizate pentru lucrările energetice din R.P.R.**

Se analizează contribuția I.C.S.E. prin studii de teren și cercetări în laboratoare pentru lucrările energetice din R.P.R.

Energetica, *10* (1962) nr. 10 p. 417–419

CZ 621.187.12

Ungureanu C. : **Alcalinizarea cu amoniac a apei de alimentare pentru prevenirea coroziunii la cazanele de înaltă presiune**

Se expun, în articol, factorii care provoacă fenomenele de coroziune la cazanele cu parametri înalți și în circuitul apă-abur și se descriu încercările practice făcute folosind amoniacul pentru combaterea acestui neajuns.

Energetica 10, (1962) nr. 10 420–424

CZ 621.3.088.22 : 621.311.1

Gheorghiu I. : **Erorile totale ale grupurilor de măsură și influența lor asupra erorilor de închidere a balanței de energie electrică în sistemele energetice**

În articol sînt prezentate concluzii referitoare la modu de reducere a erorilor de închidere a balanței de energie electrică în sistemele energetice care s-au stabilit în urma unor măsurători efectuate într-o stație importantă din sistemul Moldova. Totodată se arată și modul de reducere a erorilor totale ale grupurilor de măsură în scopul obținerii variației erorilor de balanță în limite admise.

Energetica , 10 (1962) nr. 10, p. 425–433

CZ 621.3 : 614.8

Stein M. și *Sterian M.* : **Micșorarea pericolului de accident prin electrocutare, în rețelele de distribuție a energiei electrice, la joasă tensiune, ale șantierelor de construcții-montaj**

Pornind de la schemele de protecție contra atingerii părților de instalații electrice, normal, fără tensiune, care pot fi puse sub tensiune accidental (protecție prin legare la nul și prin legare la pămînt), autorul tratează problema protecției în cazul atingerilor conductoarelor de joasă tensiune.

În continuare se descrie o schemă de protecție prin relee care evită electrocutările în astfel de cazuri, prin deconectare rapidă, fără a compromite funcționarea protecției normale, prin legare la pămînt.

Energetica, *10* (1962) nr. 9, p. 433–437

DIN EXPLOATARE

CZ 621. 175

Căpățînă V. și *Rebreanu A.* : **Curățirea condensatoarelor de abur de la Centrala termoelectrică Paroșeni.**

Energetica, *10* (1962) nr. 10 438–444

ENERGETICA PESTE HOTARE

CZ 621.311.1 (47)

Carabulea A. **Aspecte ale dezvoltării sistemelor energetice în U.R.S.S.**

Energetica, *10* (1962) nr. 10 p. 444–452

DOCUMENTARE, p. 452–456

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STANCESCU,** redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA,** prof. ing. **M. BERCOVICI,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU,** conf. ing. **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU,** conf. ing. **N. MOLDOVEANU,** prof. ing **C. PENESCU,** ing. **T. POPA,** ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

ENERGETICA

ANUL 10
1962
Nr. 10
OCTOMBRIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.

Erori posibile în exploatarea turbinelor cu abur

CONSTANTIN DINULESCU * — Bucureşti

Din cauza cunoaşterii imperfecte a fenomenelor care au loc în turbinele cu abur, în anumite împrejurări speciale de exploatare a acestora, personalul de deservire poate comite erori care duc fie la un început de avariere, fie la lungirea inutilă a timpului de pornire şi de încărcare.

I. Situaţii speciale în care intervenţia incompetentă poate duce la un început de avariere

În regim staţionar de exploatare şi cu condiţia menţinerii constante a parametrilor aburului la intrare, precum şi a unei bune izolaţii, regimul termic al turbinei este caracterizat prin :

— diferenţe neînsemnate de temperatură pe perimetrul carcasei, între faţa interioară şi exterioară a peretelui şi între rotor şi stator ;

— scăderea continuă şi uniformă a temperaturii statorului şi rotorului de la treapta de reglare pînă la condensator.

În această situaţie singura solicitare în carcasă este cea rezultată din presiunea interioară, iar riscul de atingere nu există deoarece carcasa este nedeformată şi rotorul ocupă poziţia corectă faţă de stator.

În regim nestaţionar — pornire, variaţii de sarcină, oprire etc. — starea temperaturilor arătată mai sus este perturbată ; viteza şi intensitatea acestor perturbaţii pot să ducă la solicitări şi deformări periculoase, dacă sînt depăşite anumite limite.

Situaţiile tranzitorii cele mai tipice, în care se pot comite erori, sînt următoarele :

a) pornirea de la „rece" cu parametri nominali ;

b) pornirea „bloc" din stare „caldă" ;

c) creşterea prea rapidă a sarcinii, în cazul pornirii de la „rece" ;

d) variaţii bruşte de sarcină — creşteri sau scăderi — în exploatare ;

e) repornirea turbinei la scurt timp (2—6 h) după oprire ;

f) admiterea de abur „rece" la labirintul din faţă :

— la oprirea turbinei ;

— la repornirea din stare „caldă".

II. Riscurile posibile ale manevrelor greşite

Consecinţele unor manevre incorecte pot să ia următoarele forme :

1. Solicitări termice exagerate din cauza diferenţei mari de temperatură între interiorul şi exteriorul carcasei, flanşei orizontale, supapei automate etc.

2. Atingeri între părţile fixe şi mobile care pot fi de două feluri :

a) axiale, din cauza dilatării (contractării) relative a rotorului faţă de stator ;

b) radiale :

— din cauza pornirii cu carcasa încovoiată (risc mărit în cazul cînd axul însuşi ar fi încovoiat) ;

— din cauza deformării (ovalizării) carcasei prin încovoiere în plan orizontal al flanşei de separaţie, ca urmare a unei viteze de încălzire excesive.

3. Vibraţii la pornire cu axul încovoiat sau din cauza eliberării bucşei labirintului din faţă (la turbinele L.M.Z.), provocate de o încălzire prea rapidă a etanşării.

4. Deformări permanente (în timp) ale carcasei, oboseală a buloanelor de la flanşa orizontală, cu consecinţa pierderii etanşeităţii.

III. Locurile cele mai expuse la solicitări sau la atingeri

Aceste locuri sînt relativ puţine şi bine definite.

* *C. Dinulescu* este inginer la I.R.M.E.

1. *La solicitări termice* :

— zona treptei de reglare (carcasa şi flanşa) ;
— supapa automată ;
— cutia de abur ;
— buloanele flanşei orizontale.

2. *La atingeri* :

— axiale : labirinţii de etanşare, paletele treptei de reglare şi ale primelor trepte ;
— radiale : labirinţii de etanşare ai diafragmelor şi ai etanşărilor de la capete.

IV. Natura şi mărimea solicitărilor care apar în carcase în timpul variaţiilor de regim

Pentru că atît la încălzire cît şi la răcire variaţiile de temperatură ating valorile maxime în zona treptei de reglare, se va examina problema solicitărilor termice în această zonă ; pe de altă parte, tot în această zonă domneşte şi presiunea cea mai ridicată din carcasă şi deci tot aici vor apărea solicitările maxime totale.

1. *Solicitări termice*

În perioada de tranziţie — încălzire sau răcire — variaţia temperaturii în grosimea peretelui urmează o lege parabolică (fig. 1), astfel încît $t_i - t_m = 2/3\ \Delta t$ şi $t_m - t_e = 1/3\ \Delta t$.

Coeficientul 1/3 din ecuaţia parabolei $t = \frac{1}{3} \times 2$ rezultă din încălzirea unui perete de 7,5 cm cu o viteză de $\sim 280°$/h.

Solicitarea termică care apare într-un punct din interiorul peretelui, avînd $t > t_m$ se calculează cu formula stabilită experimental de Pahl [1] :

$$\sigma = -\frac{\alpha \cdot E}{1-\nu}(t - t_m) \quad [\text{kgf/cm}^2],$$

în care, pentru oţelul aliat al carcasei 15 XM :

α este $12{,}5 \cdot 10^{-6}$ grd^{-1} ;
E — $2 \cdot 10^6$ kgf/cm^2 ;
ν — coeficientul lui Poisson = 0,3

şi deci :

$$\sigma = 35{,}7\ (t - t_m)\ \text{kgf/cm}^2.$$

Aplicată la temperaturile extreme ale feţei interne şi externe, formula dă :

Cazul *a*, încălzire :

$$\sigma_i = -\frac{2}{3} \cdot 35{,}7\ \Delta t = -24\ \Delta t,\ \text{kgf/cm}^2 \text{ (compresiune)},$$

$$\sigma_e = \frac{1}{3} \cdot 35{,}7\ \Delta t = 12\ \Delta t,\ \text{kgf/cm}^2 \text{ (tensiune)}.$$

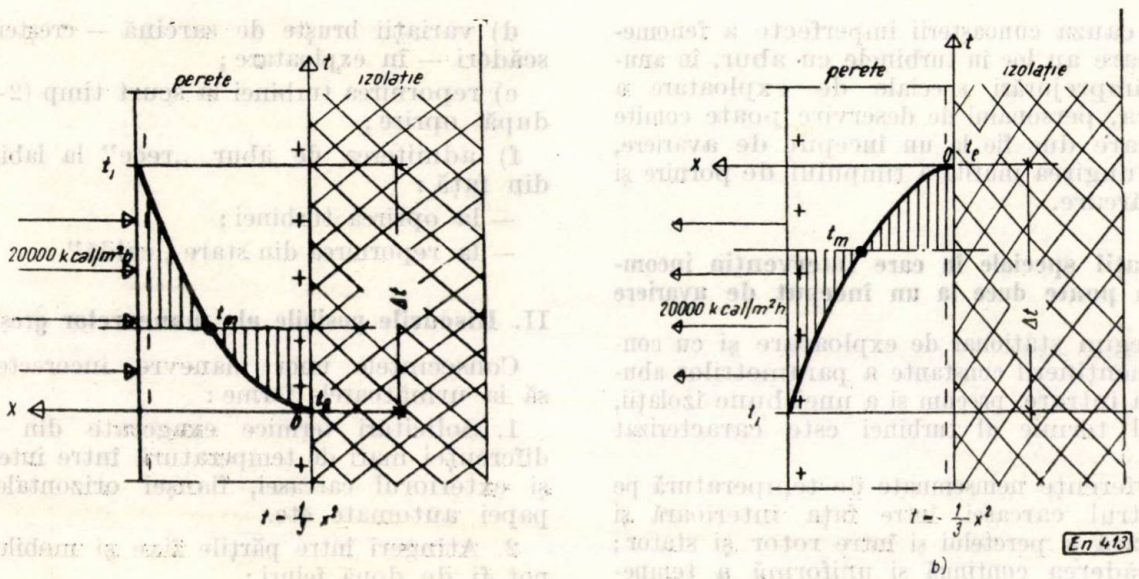


Fig. 1. Curba de variaţie a temperaturii în metalul peretelui carcasei : *a* = încălzire ; *b* = răcire.

Cazul *b*, răcire :

$$\sigma_i = \frac{2}{3} \cdot 35{,}7\ \Delta t = 24\ \Delta t,\ \text{kgf/cm}^2 \text{ (tensiune)},$$

$$\sigma_e = -\frac{1}{3} \cdot 35{,}7\ \Delta t = -12\ \Delta t,\ \text{kgf/cm}^2 \text{ (compresiune)}.$$

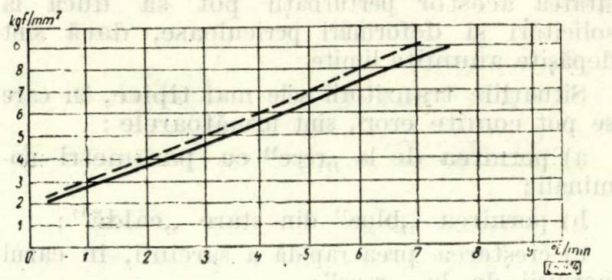


Fig. 2. Solicitări termice în pereţii carcasei :
--- măsurate direct (după deducerea solicitărilor din presiunea interioară ;
—— calculate cu ajutorul diferenţelor de temperatură măsurate.

Formula de calcul de mai sus a fost verificată şi prin măsurarea directă a solicitărilor efective, din care s-au dedus solicitările produse de presiunea internă; rezultatele sînt arătate în figura 2.

Cifrele din această figură sînt confirmate şi de indicaţiile din literatura străină: la o viteză de încălzire de 278°/h = 4,65°/min solicitarea termică atinge 6,5 kgf/mm².

2. *Solicitări totale*

Acestea rezultă din suprapunerea algebrică a solicitărilor termice peste cele datorite presiunii interne şi care se calculează cu formula cunoscută

$$\sigma = \frac{p \times D}{s \times 2}, \text{ kgf/cm}^2,$$

în care s (grosimea) şi D (diametrul) sînt exprimate în cm.

3. *Influenţa temperaturii metalului asupra rezistenţei admisibile*

Pentru a putea aprecia riscul unui început de deformare (curgere plastică) sau apariţia de fisuri, nu este suficient să se ia în considerare numai efectul presiunii aburului, ci şi al temperaturii metalului asupra rezistenţei sale disponibile.

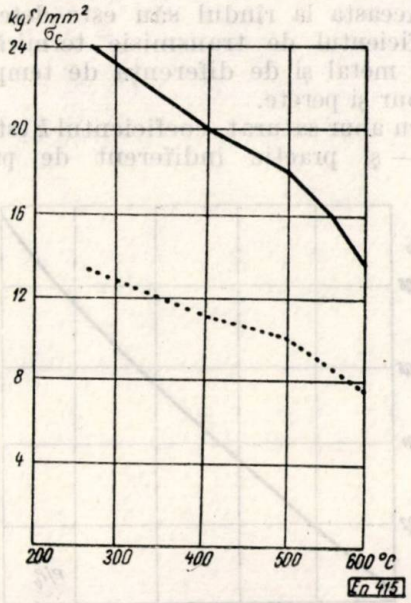


Fig. 3. Variaţia limitei de curgere a oţelului 15 X M cu temperatura.

În figura 3 se arată cum scade limita de curgere a oţelului 15 XM cu temperatura; în aceeaşi figură se arată punctat rezistenţa maximă admisibilă, cu un coeficient de siguranţă de 1,8.

4. *Cîteva aplicaţii de calcul al solicitărilor*

Pentru o mai bună înţelegere a naturii şi mărimii solicitărilor se vor examina trei cazuri mai reprezentative:

— exploatare normală la sarcina de 50% şi creşterea bruscă la plină sarcină;

— exploatare normală la plină sarcină şi scădere bruscă la sarcina de 50%;

— faza de încărcare la atingere a sarcinii de 15%.

La toate aceste aplicaţii se vor folosi datele referitoare la turbina BK-100—2.

4.1. Creşterea bruscă a sarcinii de la 50% la 100%:

a) creşterea presiunii de la 28 la 64 kgf/cm²;

b) creşterea temperaturii aburului de la 449 la 495°C;

c) diferenţa maximă de temperatură între cele două feţe; în perioada de tranziţie, această diferenţă poate atinge valoarea 495—449=46°;

d) solicitări termice:

— pe faţa interioară:

$$-24.46 = -1\,100 \text{ kgf/cm}^2;$$

— pe faţa exterioară: $12.46 = 550$ kgf/cm²;

e) solicitarea din presiunea interioară ($D = 120$ cm; $s = 9$ cm):

$$\frac{64 \cdot 120}{9 \cdot 2} = 480 \text{ kgf/cm}^2;$$

f) solicitarea totală:

— pe faţa interioară $= -11 + 4,8 = -6,2$, kgf/mm²;

— pe faţa exterioară $= 5,5 + 4,8 = 10,3$, kgf/mm²;

g) rezistenţele în metal:

— pe faţa interioară (t=485°C)=18 kgf/mm²;

— pe faţa exterioară (t=445°C)=19 kgf/mm²;

h) coeficientul de siguranţă (raportul între limita de curgere şi solicitarea maximă):

— pe faţa exterioară 19 : 10,3 = 1,84, adică superior celui de calcul (1,8).

4.2. Scăderea bruscă a sarcinii de la 100% la 50%:

a) scăderea presiunii de la 64 la 28, kgf/cm²;

b) scăderea temperaturii aburului de la 495 la 449°C;

c) diferenţa de temperatură între cele două feţe:

$$495 - 449 = 46°;$$

d) solicitări termice:

— pe faţa interioară: 24.46 = 1 100, kgf/cm²

— pe faţa exterioară: −12.46 = − 550, kgf/cm²;

e) solicitarea din presiunea interioară:

$$\frac{28 \cdot 120}{9 \cdot 2} = 190, \text{ kgf/cm}^2;$$

f) solicitarea maximă (pe fața interioară):

$$11 + 1{,}9 = 12{,}9 \text{ kgf/mm}^2;$$

g) rezistența metalului (pe fața interioară) la 450°C:

$$\sim 19 \text{ kgf/mm}^2;$$

h) coeficientul de siguranță minim (pe fața interioară):

$$19 : 12{,}9 = 1{,}47,$$

adică inferior celui de calcul ($n = 1{,}8$).

4.3. Faza de încărcare la atingerea sarcinii de 15%:

a) viteza de încălzire: se admite valoarea de 278°/h = 4,65°/min, căreia îi corespunde, conform figurii 2, o solicitare termică de 6,5 kgf/cm² pe fața exterioară, respectiv o compresiune pe fața interioară de $-2 \cdot 6{,}5 = -13$, kgf/cm²;

b) la presiunea interioară de circa 4 kgf/cm², solicitarea mecanică este:

$$\frac{4 \cdot 120}{9 \cdot 2} = 27, \text{ kgf/cm}^2;$$

c) solicitarea maximă pe fața interioară:

$$-13 + 0{,}27 = -12{,}7 \text{ kgf/mm}^2;$$

d) la temperatura de circa 300°C, limita de curgere este de 23 kgf/mm² și deci coeficientul de siguranță este:

$23 : 12{,}7 = 1{,}8$, adică exact valoarea de calcul.

V. Examinarea riscurilor de atingeri și de deformare

Atingerile în labirinți și eventual chiar și în palete pot avea loc principial sub două forme:

— axiale, prin dilatări diferite ale rotorului și statorului, la încălzire sau răcire;

— radiale, prin deformarea (încovoierea) carcasei — combinată uneori cu aceea a rotorului — din cauza diferenței de temperatură între partea superioară și inferioară a carcasei; atingeri radiale în labirinții exteriori mai pot avea loc și din deformarea carcasei prin ovalizare: la depășirea diferenței de temperatură pe lățimea flanșei orizontale (de ordinul 160°C), flanșa se încovoaie în plan orizontal și presînd asupra carcasei o ovalizează astfel încît secțiunea circulară din zona treptei de reglaj devine eliptică cu axul mare vertical, iar cea din zona labirinților exteriori cu axul mare orizontal. Un astfel de fenomen poate duce la deformații permanente și poate fi observat uneori prin scăpările de abur la flanșa orizontală.

Cercetările făcute de V.T.I., special pentru riscul de atingere în turbine, au dus la următoarele concluzii:

a) Riscul de atingere (în labirintul axial și la muchiile de intrare ale paletelor motoare) apare la repornirea de la cald și la opriri. La pornirea de la rece aceste jocuri cresc (și deci nu există risc).

b) În general schimbarea jocurilor axiale nu limitează viteza de pornire. La pornirea de la cald, accelerarea pornirii este chiar favorabilă în ceea ce privește jocurile axiale.

c) Pentru evitarea atingerii, pornirile ar trebui să se facă cu abur la o temperatură la care nu ar avea loc răcirea turbinei.

d) Repornirea — după opriri de 8—10 h — a turbinelor L.M.Z. de mare presiune „cu parametrii în creștere" nu este rațională pentru răcirea turbinei — care are loc inevitabil la pornirea în aceste condiții —, antrenează o reducere mare a jocurilor la intrarea în primele trepte. O astfel de reducere are loc chiar și la repornirea cu abur la temperatură nominală.

e) Introducerea aburului de temperatură scăzută în labirinții din față provoacă reducerea jocurilor la intrare (în palete) la pornirea turbinei și constituie principala cauză a reducerii lor mari la oprire.

VI. Corelația dintre temperatura aburului și viteza de încălzire

S-a arătat mai sus că solicitările termice sînt proporționale cu diferența de temperatură între cele două fețe și aceasta este practic proporțională cu viteza de încălzire a peretelui. Aceasta la rîndul său este determinată de coeficientul de transmisie termică de la abur la metal și de diferența de temperatură între abur și perete.

Pentru abur saturat, coeficientul k este foarte ridicat — și practic indiferent de presiunea

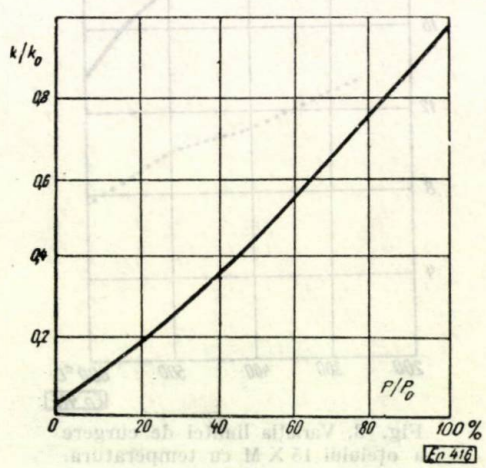


Fig. 4. Variația procentuală a coeficientului de transmisie termică de la abur la metal.

aburului —, și deci încălzirea metalului poate deveni brutală, dacă diferența de temperatură abur-metal depășește o anumită valoare.

Pentru abur supraîncălzit, coeficientul k este foarte mic la presiuni joase, şi la început creşte practic proporţional cu presiunea aburului. În faza de ridicare a turaţiei şi la sarcini mici coeficientul k fiind foarte redus, înseamnă că în această fază la aceeaşi viteză de încălzire a carcasei se poate admite o diferenţă de temperatură între abur şi metal sensibil mai ridicată decît la sarcini ridicate. Variaţia procentuală a coeficientului k cu sarcina, determinată de B.B.C. [2], este dată în figura 4.

Tabela 1

Presiunea aburului, ata	Starea aburului	Coeficientul de transmisie k, $\frac{kcal}{m^2.h.grd.}$	Soc de temperatură, grd
0,7	supraîncălzit	29	2 640
2,1	supraîncălzit	83	—
7,0	supraîncălzit	224	370
42	supraîncălzit	683	158
	saturat	2 500—3 000	75

În tabela 1 este arătată după o altă sursă [3] variaţia valorii absolute a coeficientului k cu starea aburului, precum şi diferenţa de temperatură iniţială (şocul de temperatură) între abur şi metal, care ar duce (în cazul unei turbine de 50 MW, 64 at, 482°C) la solicitarea maximă admisibilă de 1 550 kgf/cm² pe faţa interioară (compresiune).

Din această tabelă rezultă că solicitarea maximă admisibilă nu poate fi atinsă decît în două situaţii extreme :

a) la pornire cu abur insuficient supraîncălzit (şi deci saturat în zona treptei de reglare) şi cu turbina în stare foarte rece, astfel încît diferenţa de temperatură abur-metal să poată atinge valoarea de 75° ;

b) în exploatare normală, la plină sarcină, o scădere bruscă de temperatură (provocată de exemplu de antrenare de apă în supraîncălzitor) superioară valorii de 158°.

Cu excepţia acestor două situaţii extreme, solicitarea maximă admisibilă nu poate fi atinsă; depăşirea valorilor de 75°, respectiv 158°, în cele două situaţii ar duce, evident, la depăşirea solicitării maxime admisibile.

Starea de abur saturat poate avea loc în faza de ridicare a turaţiei în următoarele împrejurări :

a) În zona cuprinsă între by-passul de pornire şi ventilele de reglare, cînd pornirea turbinei se face cu toate ventilele de reglare deschise (pentru uniformizarea încălzirii carcasei) şi cu abur cu supraîncălzire relativ redusă.

În momentul apropierii de sincronism, cînd ventilele de reglare încep să se închidă (şi deci by-passul trebuie deschis) presiunea în zona menţionată creşte brusc şi deci aburul devine saturat. Solicitările termice în pereţii supapei automate şi ai conductelor de legătură cresc brusc şi ating o valoare dependentă de diferenţa de temperatură dintre temperatura de saturaţie corespunzătoare presiunii din zona respectivă şi aceea a metalului. Deşi este citat în literatură, totuşi nu se acordă importanţă acestui fenomen, explicaţia probabilă fiind următoarea : prin laminare în by-passul de pornire, supraîncălzirea relativă a aburului nu scade, ci creşte şi deci starea de saturaţie ar putea fi atinsă abia la sfîrşitul zonei, prin răcire pe parcurs.

b) În zona după ajutaje (în care are loc o răcire importantă prin destindere) la pornirea de la rece, dacă supraîncălzirea relativă a aburului la intrarea în turbină nu depăşeşte minimul necesar.

În ipoteza că temperatura metalului este de 20°C, solicitarea termică maximă admisibilă poate fi atinsă numai dacă presiunea aburului în treapta de reglare este superioară valorii de 0,9 ata dedusă din presiunea parţială a aburului de 0,86 ata, corespunzătoare temperaturii de saturaţie de 95°C = 20 + 75°C. La o presiune superioară celei de 0,9 ata, solicitarea efectivă va depăşi solicitarea maximă admisibilă. La mersul în gol însă, o astfel de presiune nu poate să apară decît în cazul unei porniri cu vid nesatisfăcător.

Concluzia care se poate trage de aici este că dacă temperatura aburului la intrare este scăzută, nu este permis să se facă pornirea cu un vid insuficient.

VII. Analiza erorilor posibile în diverse situaţii speciale

1. *La pornire*

1.1. Pornire „bloc" de la rece. Creşterea temperaturii aburului fiind lentă — şi impusă de regimul de încălzire a cazanului — erori de manevre la o astfel de pornire nu se pot face.

1.2. Pornire „bloc" de la cald. Fără luarea de măsuri speciale (arzătoare speciale în partea superioară a focarului, suflarea puternică a conductei de legătură) temperatura aburului la intrarea în turbină este inferioară celei a metalului turbinei. În cazul cînd această insuficienţă de temperatură nu depăşeşte o anumită valoare — după practica americană 55°C — se poate introduce abur în turbină [4]. Depăşirea unei astfel de limite poate fi periculoasă din două puncte de vedere :

a) solicitare anormală prin răcire bruscă ;

b) atingeri axiale din cauza diferenţei de dilatare.

Primul efect este mai puţin de temut (chiar dacă aburul se mai răceşte printr-o destindere parţială în ajutaje) pentru că :

— debitul de abur este redus ;

— presiunea aburului în treapta de reglare este foarte scăzută (practic zero) și deci coeficientul k de transmisie termică este redus;

— solicitarea din presiunea internă este neînsemnată;

— temperatura metalului fiind moderată, rezistența sa este ridicată.

În schimb al doilea efect este îngrijorător, pentrucă are loc suprapunerea a două fenomene (rezultate ambele din masa mult mai mică a rotorului și din condițiile de încălzire — răcire mai intensă a rotorului), și anume:

— de la oprirea premergătoare repornirii, rotorul este contractat față de stator;

— în timpul repornirii, rotorul răcindu-se mai repede decît statorul, interstițiile axiale scad și mai mult.

Pentrucă, riscul de atingere poate deveni iminent (așa cum s-a arătat la punctul 5) în literatura sovietică nu se recomandă pornirea „bloc" de la cald sau se recurge la metoda ridicării temperaturii aburului prin amestec cu abur luat din magistrală [5].

Dacă diferența de temperatură este mai mică decît limita indicată, este o greșeală să se lungească durata de ridicare a turației, ci din contră este indicat să se scurteze și imediat după sincronizare să se încarce pînă la circa 5 % din sarcina nominală.

Ca la orice pornire de la cald, și în acest caz de pornire există riscul de atingere radială, dacă încovoierea carcasei depășește o anumită limită, care în general se urmărește prin $\Delta t = 50°$ între partea superioară și cea inferioară.

1.3. Pornire „nebloc" (cu abur din magistrală) de la rece. Chiar dacă — în mod greșit — s-ar face pornirea cu parametri nominali sau aproape nominali (ceea ce comportă o mare pierdere de timp pentru încălzirea conductei și supapei automate), încălzirea corpului turbinei în această fază de ridicare a turației este neînsemnată, din cauza debitului foarte redus de abur și a coeficientului mic de transmisie termică într-o astfel de situație, oricît de scurt ar fi timpul de ridicare a turației, nu pot să apară solicitări anormale nici în carcasa propriu-zisă și nici în flanșa orizontală.

Durata de la demarare pînă la sincronism nu este determinată de solicitările termice în carcasă și ar trebui să fie determinată numai de efectuarea operațiilor de pornire, drenare, ascultarea turbinei etc. Practic această durată — independent de construcția și mărimea turbinei — n-ar trebui să depășească 15—30 min. Evident că în această durată nu este inclusă încălzirea conductei și supapei automate care poate fi realizată cu viteza de 8 grd/min respectiv 5 grd/min.

Pentru scurtarea timpului total de încălzire a conductei și de ridicare a turației, nu este necesar să se prelungească perioada de încălzire a conductei pînă la atingerea parametrilor plini, ci este suficient să se obțină presiunea la care poate demara turbopompa de ulei, adică circa 40% din presiunea nominală și o supraîncălzire relativă de circa 30°.

1.4. Pornire „nebloc" de la cald. Corpul turbinei fiind cald, iar parametrii aburului la intrare relativ ridicați, nu poate să apară nici un fel de risc; singura greșeală de manevră care se poate face este prelungirea inutilă a pornirii: nu numai că ridicarea turației n-ar trebui să depășească 5—10 min, dar și încărcarea turbinei pînă la așa-zisa „sarcină naturală" (determinată de temperatura carcasei, deci dependentă de timpul scurs de de la oprirea precedentă) poate și trebuie să fie făcută în timpul cel mai scurt. Evident că înainte de pornire trebuie controlată starea de „încovoiere" a carcasei cu ajutorul diferenței de temperatură între partea inferioară și superioară, care nu trebuie să depășească limita de 50°. În timpul învîrtirii și încărcării, această diferență nu numai că nu crește, dar scade, și cu atît mai repede cu cît încărcarea este mai rapidă.

1.5. Încărcarea turbinei. Debitul de abur crescînd sensibil față de cel din faza de ridicare a turației, viteza de încălzire a carcasei în zona treptei de reglare crește repede deoarece:

— crește temperatura aburului și deci Δt față de metal;

— crește presiunea aburului și deci coeficientul k de transmisie termică;

— crește viteza aburului, ceea ce intensifică încălzirea prin convecție.

Din figura 5 rezultă că diferențele maxime de temperatură — și deci și solicitările termice — în carcasa și pe lățimea flanșei orizontale (dacă aceasta nu este încălzită special) se ating cînd se ajunge la o sarcină de 0,1—0,15 P_0.

Din aplicația de calcul s-a văzut că la viteza de încălzire de 4,65 grd/min, coeficientul de siguranță este încă respectat, dar la limită. Trebuie însă controlat dacă la această viteză de încălzire nu se depășește diferența de temperatură pe lățimea flanșei, prescrisă de fabrica furnizoare (de ordinul 120°).

Greșeala care se poate face deci în exploatare este nerespectarea acestor două cifre de control. Viteza de încălzire a carcasei se poate urmări ușor cu ajutorul unui termocuplu montat în partea inferioară, în zona treptei de reglare. Diferența de temperatură pe lățimea flanșei este mai greu de controlat la turbinele pînă la 25 MW și neechipate cu termocuplele necesare. În aceste cazuri se va recurge la unul din următoarele mijloace:

— printr-o măsurătoare ad-hoc se stabilește corelația dintre diferența de temperatură de

controlat și viteza de încălzire și apoi în exploatare se va respecta această viteză de încălzire ;

— se va respecta viteza de încărcare în MW/min (curba de încărcare) prescrisă prin

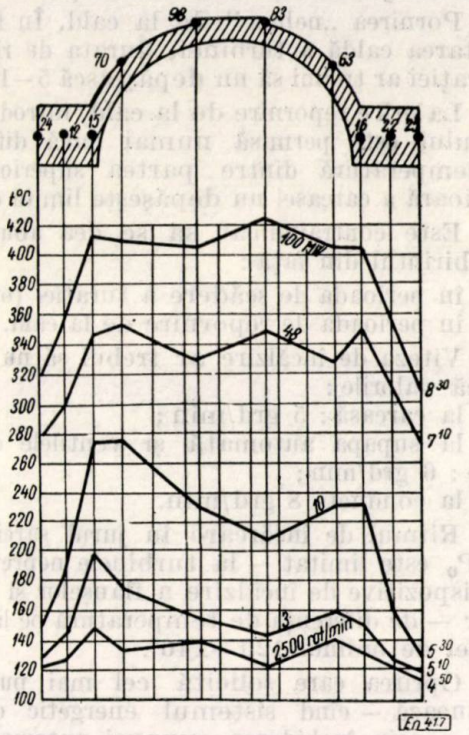


Fig. 5. Repartiția temperaturilor pe contur și în flanșe, în timpul încălzirii turbinei BK-100.

instrucțiunile fabricilor, care în general sînt acoperitoare.

La turbinele cu labirinții din față montați pe bucșa rotorică (spre exemplu la turbinele L.M.Z), poată să apară riscul încetării strîngerii inițiale a bucșei pe ax, ceea ce poate duce la vibrații ; acest fenomen este luat în considerație în instrucțiunile de pornire.

2. *În timpul exploatării*

2.1. Variații bruște de sarcină. În aplicațiile numerice de la punctele 4.41 și 44.2 s-a arătat natura și mărimea solicitărilor termice care apar la variații bruște de sarcină de la 0,5 P_0 la P_0 sau de la P_0 la 0,5 P_0.

Curbele stabilite de B.B.C. [2] figura 6 confirmă mărimea solicitărilor la variații bruște și importante. Literatura americană [4] arată de asemenea consecințele grave ale variațiilor bruște de sarcină și în special la scăderi.

La unitățile mai mici și de construcție mai veche, la care intrarea aburului se face printr-o cutie de abur comună cu pereți separatori, între ventilele de reglare scăderile bruște de sarcină pot provoca fisuri pe acești pereți și chiar în canalele ajutajelor.

Personalul de exploatare nu poate preveni astfel de variații venite din rețeaua exterioară ; el poate însă atenua consecințele, în cazul în care unitățile din centrala respectivă au preluat diferit variațiile de sarcină, prin restabilirea reparației procentuale dinainte de variație.

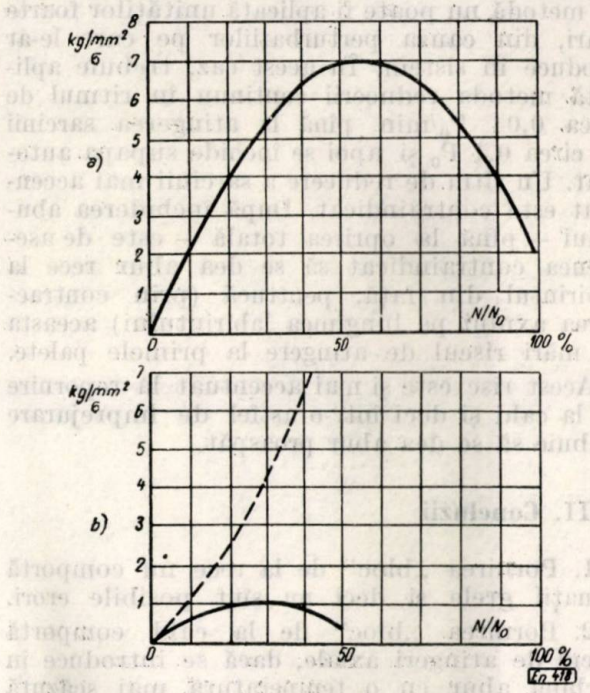


Fig. 6. Solicitări termice la variații bruște de sarcină : *a* – începînd de la P_0 ; *b* – începînd de la 0,5 P_0 ; – – – creștere ; ——— scădere.

2.2. Scăderea temperatrii aburului. Într-o exploatare bine condusă a cazanelor, o astfel de eventualitate este aproape total exclusă. Totuși, scăderi de temperatură pot să apară în următoarele împrejurări anormale :

a) creșterea bruscă a consumului de abur — urmată de scăderea presiunii și a temperaturii — provocată de o creștere a sarcinii turbinei ;

b) antrenarea de picături de apă în supraîncălzitor, la creșterea anormală a nivelului de apă în cazan.

Manevra de reducere a sarcinii turbinei, la scăderea temperaturii aburului, prescrisă de fabricile constructoare, urmărește limitarea răcirii prin :

— micșorarea vitezei aburului ;

— reducerea presiunii aburului și deci a coeficientului de transmisie, care compensează efectul de răcire a aburului (în zona treptei de reglare) antrenată de reducerea sarcinii însăși.

La scăderea importantă și de durată a temperaturii aburului este preferabil — dacă sistemul energetic permite — să se închidă intrarea aburului prin supapa automată sau să se reducă sarcina pînă la 0,1 P_0.

3. *Oprirea turbinei*

Contrar aparențelor, oprirea prin închidere a supapei automate este metoda care solicită

cel mai puțin : răcirea se face foarte încet și numai prin conductivitate către exterior și din față către spate, poziția rotorului față de stator nu se modifică. Evident că o astfel de metodă nu poate fi aplicată unităților foarte mari, din cauza perturbațiilor pe care le-ar produce în sistem. În acest caz, trebuie aplicată metoda reducerii continuu în ritmul de circa 0,04 P_0/min pînă la atingerea sarcinii de circa 0,1 P_0 și apoi se închide supapa automat. Un ritm de reducere a sarcinii mai accentuat este contraindicat. După închiderea aburului — pînă la oprirea totală — este de asemenea contraindicat să se dea abur rece la labirintul din față, pentrucă (prin contractarea axului pe lungimea labirintului) aceasta ar mări riscul de atingere la primele palete.

Acest risc este și mai accentuat la repornire de la cald și deci într-o astfel de împrejurare trebuie să se dea abur proaspăt.

VIII. Concluzii

1. Pornirea „bloc" de la rece nu comportă situații grele și deci nu sînt posibile erori.

2. Pornirea „bloc" de la cald comportă riscul de atingeri axiale, dacă se introduce în turbină abur cu o temperatură mai scăzută decît a metalului (măsurată în zona treptei de reglare), cu mai mult de circa 55°. Pentru evitarea acestui risc, se poate recurge la soluția amestecului cu abur din magistrală.

Dacă diferența de temperatură este inferioară limitei indicate, ridicarea turației și chiar încărcarea parțială nu trebuie întîrziată, ci accelerată.

3. Pornirea „nebloc" de la rece nu comportă risc pentru carcasă, oricît de accelerat s-ar face ridicarea turației. Este necesar să se controleze viteza de încălzire a supapei automate, care ar trebui să fie de ordinul 6 grd/min și în orice caz să nu se depășească limita de 10 grd/min.

Pentru scurtarea timpului total de încălzire a conductei, a supapei automate și a ventilelor de reglaj și de ridicare a turației, este rațional să se introducă abur în turbină imediat ce se poate porni turbopompa de ulei.

Lungirea perioadei de ridicare a turației peste timpul necesar efectuării manevrelor înseamnă pierdere inutilă de timp.

4. Pornirea „nebloc" de la cald. În funcție de starea caldă a turbinei, durata de ridicare a turației ar trebui să nu depășească 5—15 min.

5. La orice repornire de la cald, introducerea aburului este permisă numai dacă diferența de temperatură dintre partea superioară și inferioară a carcasei nu depășește limita de 50°.

6. Este contraindicat să se dea abur rece la labirintul din față :

— în perioada de scădere a turației (oprire) ;
— în perioada de repornire de la cald.

7. Viteza de încălzire ar trebui să nu depășească valorile :

— la carcasă : 5 grd/min ;
— la supapa automată și ventilele de reglare : 6 grd/min ;
— la conducte 8 grd/min.

8. Ritmul de încărcare în jurul sarcinii de 0,1 P_0 este limitat — la turbinele neprevăzute cu dispozitive de încălzire a flanșelor și buloanelor — de diferența de temperatură pe lățimea flanșei de ordinul 120—140°.

9. Oprirea care solicită cel mai puțin se efectuează — cînd sistemul energetic o permite — prin închiderea supapei automate ; în caz contrar, ritmul de scădere a sarcinii ar trebui să fie de ordinul 0,04 P_0/min.

Bibliografie

[1] Pahl, G. *Zulässige Last — und Temperaturänderungen bei Dampfturbinen*, În : BWK, nr. 11, 1957.

[2] Salm, M. și Endres, W. *Anfahren u. Laständerungen von Dampfturbinen*. În : Brown Boveri Mitteilungen, nr. 7/8, 1958.

[3] Hall, D. S. *Rapid starting of steam turbines*. În : The Metropolitan, Vickers Gazette, v. XXV, nr. 423, 1954.

[4] Elston, C. W. *Factors involved in starting and subsequent loading of modern steam turbines*. În : Transactions A.S.M.E., **75**, nr. 8, 1953.

[5] Prokpenko, A. G. *Pusk hotelturbina posle nocinoi ostanovki*. În : Elektriceskie stanții, nr. 5, 1961.

Studii pe teren şi cercetări în laboratoare realizate pentru lucrările energetice din R.P.R.

CONSTANTIN BUDEANU * — Bucureşti

Pentru furnizarea datelor de bază necesare proiectării centralelor hidro- şi termoelectrice, a staţiilor de transformare şi a liniilor electrice de înaltă tensiune prevăzute în planul de electrificare, s-a creat încă din anul 1949 o serie de unităţi de specialitate, avînd sarcina de a întocmi studii amănunţite şi cercetări în laboratoare, în conformitate cu cerinţele proiectării lucrărilor energetice.

În prima etapă de existenţă, pînă în anul 1957, unităţile de studii şi cercetări au funcţionat sub forma unui sector în cadrul Institutului de studii şi proiectări energetice (ISPE), care, trebuind să răspundă de la început la un mare număr de probleme, s-a dezvoltat foarte repede, cu toate greutăţile datorite formării într-un timp scurt a ansamblului de specialităţi tehnice diferite, unele dintre ele inexistente înainte de lansarea planului de electrificare.

În urma creşterii importante a volumului de lucrări şi a specializării lor continue, în anul 1958 unităţile de studii şi cercetări au fost desprinse de ISPE şi constituite sub forma unei Întreprinderi de cercetări şi studii de teren pentru lucrări energetice (ICSE), în cadrul Departamentului energiei electrice.

De la primele începuturi ale înfăptuirii lucrărilor din planul de electrificare a ţării şi pînă astăzi, proiectarea uzinelor hidro- şi termoelectrice, cu toate lucrările corespunzătoare (baraje, aducţiuni, castele de echilibru, construcţia centralelor etc.), alimentările cu apă potabilă şi industrială a acestora, construcţia liniilor pentru transportul energiei electrice, a staţiilor de transformare şi a tuturor celorlalte obiecte energetice, a necesitat o gamă foarte largă de studii de teren pentru cunoaşterea elementelor hidrologice, geologice, geotehnice, topo-geodezice, precum şi cercetări din ce în ce mai întinse în laboratoare pentru concretizarea soluţiilor necesare proiectării în domeniul betoanelor hidrotehnice şi pentru rezolvarea unor serii întregi de probleme de specialitate în legătură cu realizarea barajelor de pămînt, a încercărilor pe modele structurale şi fotoelastice, a lianţilor, izolaţiilor, chimismului apelor şi hidraulicei construcţiilor energetice.

Astfel, planul de perspectivă referitor la amenajarea energetică a principalelor rîuri din ţara noastră a necesitat realizarea unui important volum de studii în bazinele Bistriţa, Moldova, Vişeu, Someş, Trotuş, Buzău, Sadu, Sebeş, Argeş, Lotru, Dunăre etc. De asemenea, un volum apreciabil de studii şi cercetări a fost necesar şi la proiectarea centralelor termoelectrice Doiceşti, Sîngeorgiu de Pădure, Paroşeni, Luduş, Craiova, Arad, Oradea etc., precum şi la liniile şi staţiile realizate.

Studiile hidrologice, efectuate pe baza datelor obţinute în staţiile proprii sau în staţiile Comitetului de stat al apelor, au permis întocmirea monografiilor pentru un mare număr de bazine din ţară, inventarierea potenţialului hidroenergetic al R.P.R. şi concretizarea concluziilor hidrologice, sub formă de volume speciale ale proiectelor de hidro- şi termocentrale. Rezultatele prelucrărilor primare ale întregului material hidrometric cules de pe teren au fost prezentate în anuare hidrologice ISPE pînă în 1953, iar apoi — în continuare — incluse în anuarele hidrologice editate de Comitetul de stat al apelor.

Pentru executarea ridicărilor topo-geodezice, a fost organizată încă din 1950 o unitate de specialitate, căreia îi revin ca sarcini întocmirea planurilor necesare redactării proiectelor amenajărilor energetice, controlul periodic al trasării axelor de bază şi al reperilor principali ai lucrărilor proiectate de ISPE, precum şi lucrările de exproprieri, inclusiv aplicarea lor pe teren. Metodele moderne aplicate au condus la obţinerea unor bune rezultate, citînd ca singur exemplu realizarea materializării axului tunelului de aducţiune de circa 5 km de la CHE V. I. Lenin-Bicaz, care — prin precizia observaţiilor şi a calculelor — a permis constructorului o străpungere a muntelui cu o abatere de numai 2 cm. Ca probleme speciale, mai amintim transmiterea orientărilor şi cotelor prin puţuri la mari adîncimi în vederea realizării aducţiunilor subterane, precum şi urmărirea pe cale geodezică a deformaţiilor barajelor de la Bicaz şi Sadu.

Lucrările energetice, în special construcţiile hidrotehnice, au ridicat numeroase probleme de geologie inginerească, adesea foarte dificile, atît în faza de proiect cît şi în timpul execuţiei, fapt care a necesitat realizarea unor studii amănunţite de teren bazate pe cartări geologice şi un mare număr de lucrări de prospectare prin foraje mecanice — verticale sau înclinate — la adîncimi pînă la 500 m, puţuri, galerii, foraje manuale, derocări etc., lucrări executate în şantiere de studii special organizate, răspîndite pe întreg teritoriul ţării, în cea mai mare parte în regiuni foarte accidentate şi izolate şi care reprezintă din punct de vedere valoric o

* *C. Budeanu* este inginer-şef adjunct al Întreprinderii de cercetări şi studii de teren pentru lucrări energetice (ICSE).

importantă pondere în planul de producție al ICSE.

Pentru determinarea coeficienților geotehnici necesari proiectării fundațiilor construcțiilor energetice a trebuit să se stabilească pentru prima dată la noi în țară metodologii speciale, care prevăd supunerea rocilor la sarcini care depășesc cu mult încărcările datorite construcțiilor, obținîndu-se direct pe teren rezistența la compresiune, modulul de compresibilitate, coeficienții de frecare, capacitatea portantă, deformațiile rocilor corespunzătore unor anumite trepte de presiune în galerii de probă etc.

Stabilirea condițiilor geologice generale și de detaliu, determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale terenurilor, clarificarea aspectelor hidrogeologice, studiul permeabilităților și soluționarea consolidării rocilor în zonele slabe au constituit probleme de o deosebită importanță în proiectarea și execuția hidrocentralelor V. I. Lenin — Bicaz, Sadu V, Argeș etc., în studiile efectuate la Drăgan-Remeți, Bolboci, Belci, Sebeș, Someș-Lotru etc., precum și pentru termocentralele Doicești, Comănești, Borzești, Paroșeni etc. Lucrări pentru studii geotehnice au fost executate de asemenea în amplasamentele stațiilor de transformare și în lungul liniilor de înaltă tensiune, ca de exemplu Brașov-Sîngeorgiu, Doicești-București, Paroșeni-Hunedoara, Borzești-Galați etc.

O deosebită preocupare a constituit, în special în anii 1958—1959, realizarea injecțiilor de consolidare a rocii de bază și de creare a vălului de etanșare la barajul CHE V. I. Lenin—Bicaz, care a reprezentat prin volumul și specificul unor lucrări în faza de execuție un însemnat efort al unităților de studii și cercetări. În ultimii ani, alte lucrări energetice, necesitînd injecții în strate aluvionare, de asemenea în faza de execuție (CHE Roznov), au impus probleme tehnice deosebit de grele, care au fost însă soluționate în mod satisfăcător, pentru prima dată în țara noastră.

Spre deosebire de studiile menționate, al căror obiectiv este o reprezentare fidelă a terenului din punct de vedere morfologic, structural și hidrofenomenal, proiectarea lucrărilor energetice necesită încă o serie întreagă de date, de altă factură, constituite în general din recomandări privind materialele de construcție, dimensiunile și forma optimă a unora dintre părțile construcțiilor, rezultate pe baza încercărilor experimentale în laboratoare și menite să aducă avantaje deosebit de importante în durabilitatea și în economicitatea lucrărilor proiectate.

Aceste date au fost furnizate de unitățile de cercetări care au trebuit să facă față tuturor cerințelor proiectării și execuției lucrărilor energetice realizate pînă în prezent.

Astfel, pentru CHE V. I. Lenin—Bicaz a fost rezolvată problema obținerii unor cimenturi hidrotehnice speciale cu caracteristici satisfăcătoare din punctul de vedere al termicității, rezistenței la îngheț-dezgheț etc. și care sînt folosite astăzi și în alte lucrări. În legătură cu studiul cimenturilor s-au făcut cercetări amănunțite asupra prezenței apelor naturale agresive din amplasamentele construcțiilor hidrotehnice, condiționîndu-se la fiecare lucrare în parte folosirea unor tipuri anumite de ciment și de adaosuri, potrivite în diferitele cazuri de agresivitate.

De asemenea, pentru toate construcțiile energetice au fost rezolvate problemele tehnice și economice în vederea stabilirii condițiilor de folosire a agregatelor din balastiere sau cariere. S-au făcut cercetări privitoare la prezența humusului (Drăgan-Remeți) și a micei (Argeș-Corbeni) în nisip, asupra granulației nisipului de concasaj (Sadu), cercetări în legătură cu sporirea lucrabilității sau a rezistenței la îngheț-dezgheț a betonului prin folosirea adaosurilor plastifiante (tip SSR) sau antrenatoare de aer (tip Vinsol, Frioplast), preparate la noi în țară.

Studii amănunțite în domeniul termicității betoanelor, respectiv al capacității acestora de a prelua eforturile datorite degajărilor de căldură și al hidratării cimentului, au permis să se elaboreze un criteriu unic pentru determinarea rezistenței la fisurare a betonului, în funcție de caracteristicile elastice și hidrotermice, procesul tehnologic, factorii climaterici regionali etc. Această contribuție originală la studiul betoanelor a permis, prin modificarea condițiilor tehnice stabilite inițial pentru unele lucrări proiectate, să se obțină reduceri substanțiale ale dozajelor de ciment și ca urmare să se realizeze economii importante.

Este de observat că laboratoarele ICSE au realizat în general — prin cercetările întreprinse — economii apreciabile în valoare de investiții a construcțiilor energetice, ca de exemplu 25 milioane lei pentru CHE V. I. Lenin-Bicaz, circa 2 milioane lei pentru Teliuc și altele pentru Secul, Argeș etc.

În domeniul cercetărilor asupra izolațiilor specifice construcțiilor energetice, s-au obținut bune rezultate în folosirea betonului spumos autoclavizat, a izolațiilor hidrofuge și a diferitelor materiale peliculogene pe bază de material plastic în tratarea superficială a betoanelor de vîrstă tînără.

O altă preocupare în domeniul cercetărilor, care s-a dezvoltat mult în ultimii ani datorită cerințelor crescînde ale proiectării și execuției barajelor de pămînt, o formează studiul condițiilor de folosire a pămîntului ca material de construcție și comportarea acestuia în cadrul lucrărilor energetice. Cercetările, axîndu-se pe determinarea caracteristicilor de compactare care să asigure rezistența și impermeabilitatea

necesară, au condus la stabilirea unei metodici pentru urmărirea caracteristicilor de comportare a pămînturilor puse în operă, în funcție de procesele tehnologice de execuție. În afara problemelor curente legate de proiectarea fundațiilor construcțiilor energetice, laboratorului de specialitate i-a revenit și studiul, pe baza unei metode originale de modelare, a influenței apei asupra presiunii de umflare pe îmbrăcămintea galeriei de fugă la CHE-Argeș, încercările rețelelor de materiale pentru injecții la digurile CHE-Roznov prin modelarea injectării, studiul comportării pămînturilor din jurul părții îngropate a stîlpilor burați la liniile de 15 și 35 kV, precum și alte cercetări legate de geotehnica construcțiilor energetice.

În ceea ce privește modelarea structurilor ca metodă adiacentă a elaborării proiectelor construcțiilor hidrotehnice, în special a burajelor în arc, laboratoarele ICSE au făcut un important pas înainte prin punerea la punct a metodologiei și prin atacarea unor probleme speciale, ca de exemplu aplicarea metodei fotoelasticimetrice, modelarea formei barajelor cu ajutorul membranelor elastice și determinarea coeficientului de siguranță a barajelor în arc prin încercări la rupere pe modele.

În domeniul cercetărilor hidraulice a fost creată încă din anul 1954 o unitate de specialitate, în scopul efectuării încercărilor pe modele și a măsurătorilor hidraulice la lucrările executate.

După începuturi modeste cu 4—5 încercări pe an, s-a ajuns în timp scurt la executarea anuală a peste 20 modele, cu toate studiile pe care acestea le implică.

În vederea acoperirii necesităților specifice ale sectorului energetic, cercetările hidraulice au fost orientate astfel încît să poată cuprinde atît studiile pe modele de ansamblu pentru nodurile hidrotehnice, efectuate în paralel cu proiectarea, cît și cercetările asupra exploatării construcțiilor hidrotehnice și mai ales asupra concordanței între ipotezele de proiectare, rezultatele studiilor pe model și datele obținuite direct, prin măsurători în natură.

De asemenea, cercetările destinate stabilirii unor metode de proiectare hidraulică fie în cadrul unor tematici speciale, fie prin extinderea programului de încercări ale lucrărilor concrete, au putut conduce la rezolvarea în timp scurt a unui mare număr de probleme prin metode originale și chiar tipizarea unor soluții privitoare la: disipatorii la barajele mobile de joasă cădere (Nedelea, Roznov), orificii pentru stavile de fund (Pîngărați, Vaduri, P. Neamț), diafragme pentru castele de echilibru (Argeș, Drăgan), grătare de fund pentru prize tiroleze (Sadu V, Drăgan), dispozitive de spălare intermitentă și uniformizare a vitezelor la denisipatori (Paroșeni, Doicești) etc.

De menționat că cercetările hidraulice au avut adesea menirea să realizeze economii apreciabile la valorile de investiții ale construcțiilor hidroenergetice, prin îmbunătățirea proiectelor inițiale, ca de exemplu în cazul reducerii cu 30% a frontului barajului Roznov, pe bază de cercetări în laborator, scurtarea lungimii distrugătorilor de energie etc.

În sfîrșit, în același laborator se realizează o serie de alte cercetări pentru instalații hidraulice speciale (hidroseparatoare cu contracurent, hidrocicloane etc.).

Din cele arătate mai sus reiese multitudinea de probleme a căror soluționare revine unităților de studii și cercetări, precum și împărțirea acestora pe compartimente de activitate care vor trebui să prezinte în perioada imediat următoare o cît mai vie dezvoltare. De altfel, chiar în anii 1961—1962, necesitatea dezvoltării unităților de studii și cercetări s-a simțit deosebit de mult în urma introducerii în plan a lucrărilor de amenajare a Dunării la Porțile de Fier și la Islaz-Samovit, care implică — în condiții nemaiîntîlnite la noi în țară — studii de geologie inginerească cu un volum ridicat de foraj pe uscat și în albia Dunării, executat de pe ambarcații speciale, lucrări de prospectare pe maluri și în ostroave, încercări seismice, cercetări asupra materialelor locale pentru construcții, cercetări hidraulice pe modele, studii asupra betoanelor specifice, ridicări topogeodezice și studii hidrologice pe o lungime de peste 1 000 km a fluviului Dunărea.

Actualmente ritmul lucrărilor de studii și cercetări elaborate de ICSE se încadrează în Directivele Congresului al III-lea P.M.R. pentru planul de dezvoltare a economiei naționale pe anii 1960—1965 și pentru programul economic de perspectivă.

Pentru perioada 1960—1965 este prevăzut un efort de instalare de aproape patru ori mai mare decît în perioada 1950—1959 care se reflectă nu numai în proiectarea și execuția noilor centrale electrice, ci și în activitatea unităților de studii și cercetări, printr-o sporire — în proporție simțitoare — a volumului de lucrări ce le vor reveni ca sarcină în vederea asigurării mai departe a proiectanților cu toate datele necesare.

O dată cu creșterea volumului de lucrări, unitățile de studii și cercetări vor trebui, însă, să depună eforturi concomitente și pentru îmbunătățirea metodologică a studiilor de teren și lărgirea domeniilor de cercetare, în conformitate cu cerințele tehnice moderne, astfel încît, printr-o sporire a calității studiilor și cercetărilor, să se contribuie substanțial la ridicarea nivelului tehnic și la creșterea economicității lucrărilor energetice realizate la noi în în țară.

Alcalinizarea apei de alimentare cu amoniac pentru prevenirea coroziunii la cazanele de înaltă presiune

*CONSTANTIN UNGUREANU** — Paroşeni

Factorii principali care împiedică funcţionarea normală a cazanelor cu presiune înaltă sînt :

a) formarea depunerilor tari pe suprafeţele de încălzire ;

b) impurificarea aburului prin antrenarea şi dizolvarea sărurilor aflate în apa din cazan şi în special a silicei ;

c) coroziunea metalului, datorită menţinerii unui *p*H sub 7 în ciclul apă-abur.

Din numărul total de avarii care au avut loc de la punerea în funcţiune a cazanelor de la Centrala termoelectrică Paroşeni, nu s-a semnalat nici un caz care să fi avut loc din cauza fenomenelor de mai sus. Aceasta deoarece s-a menţinut şi îmbunătăţit încontinuu regimul chimic al apei de cazan.

Pe baza experienţei de exploatare, s-au stabilit condiţiile limită de calitate a apei de cazan şi abur, în raport cu parametrii de funcţionare şi tipul de construcţie al cazanelor PK-10.

În sensul acesta, reducerea la minimum a depunerilor s-a realizat datorită tratării apei de adaos prin aplicarea metodei schimbului de ioni. Aceasta permite menţinerea durităţii apei epurate la o valoare constantă de 1 val/l, la care mai trebuie adăugat şi faptul că în apa de cazan se menţine un exces de fosfat, ceea ce duce la formarea depunerilor neaderente care se elimină sub formă de nămol prin purjele periodice.

Cea de-a doua problemă s-a rezolvat de asemenea cu succes prin montarea dispozitivelor de spălare a aburului, prin barbotaj în apa de alimentare. Această schemă de funcţionare a dus la lipsa depunerilor pe paletele turbinelor, permiţînd funcţionarea turboagregatelor pe o perioadă de mai mulţi ani, fără a fi curăţate de depuneri.

Ultima problemă, coroziunea echipamentului termic, a rămas nerezolvată, cu toate că în anul 1961 s-au efectuat două studii în acest sens, şi anume :

— unul privind mărirea *p*H-ului apei de alimentare prin adaos de NaOH, iar al doilea efectuarea unor cercetări de laborator, folosind un filtru cu pat mixt, care elimină complet CO_2 din apa epurată [1] conform ecuaţiei :

$$R - Cl + NaHCO_3 \rightarrow R - HCO_3 + NaCl.$$

În acest mod, ionul HCO_3 este eliminat şi nu mai poate elibera CO_2 prin descompunerea termică în degazoare şi în cazan.

Ambele studii nu au găsit aplicaţie ; prin introducerea NAOH în apa de alimentare, se măreşte mult conţinutul acesteia în săruri, ceea ce înrăutăţeşte calitatea aburului în actuala schemă de funcţionare, iar dispozitivele montate pentru spălarea aburului deveneau ineficace. Al doilea studiu a devenit inutil, deoarece din calculele tehnico-economice rezultau investiţii mari, pentru procurarea din import a schimbătorilor de ioni cu calităţi superioare, ceea ce întrecea cu mult cheltuielile în comparaţie cu neajunsurile cauzate anual de coroziune.

Avînd în vedere că agregatele de la Centrala termoelectrică Paroşeni au înregistrat o perioadă de funcţionare lungă, fără deranjamente din cauza regimului chimic, însă în ultima vreme fenomenele coroziunii se fac tot mai mult simţite, prin apariţia, în abur şi în apa de alimentare, a produselor de coroziune, s-a impus găsirea unei metode eficace pentru prevenirea coroziunii.

În sensul acesta s-au executat experienţe în laborator şi la cazane, folosind ca reactiv amoniacul, care, dozat în cantităţi precise, măreşte apreciabil *p*H-ul în ciclul apă-abur. Folosirea amoniacului în acest scop are un dublu avantaj [1] :

a) măreşte *p*H-ul fără să înrăutăţească calitatea aburului ;

b) este un reactiv ieftin şi uşor de procurat.

Apariţia şi intensitatea acestor coroziuni se datoresc în majoritatea cazurilor următorilor factori, care în mod curent nu pot fi eliminaţi complet în cursul exploatării [2] :

a) prezenţa oxigenului şi a CO_2 în apa de alimentare şi abur ;

b) acţiunea aburului asupra metalului ;

c) alimentarea cazanelor cu apă cationizată care conţine bicarbonaţi alcalini.

Cu toate că degazoarele funcţionează la parametrii din proiect, totuşi conţinutul în oxigen al apei de alimentare se menţine între 0,02 pînă la 0,03 mg/l faţă de 0,01 mg/l cît este normat. În condensat el atinge valori de 0,06 pînă la 0,12 mg/l.

Conţinutul de CO_2 liber din abur se menţine la valorile de 0,2—0,5 mg/l, ceea ce duce la un *p*H de 6,6—6,8 adică apare acel domeniu al *p*H-ului la care viteza reală a coroziunii oţelului devine vizibilă.

Reacţiile (1) şi (2) arată decurgerea fenomenului de coroziune datorită prezenţei celor două gaze :

$$\begin{aligned} Fe + 2H_2O &= Fe(OH_2) + H_2 \\ 4\,Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O &= 4\,Fe(OH)_3 \end{aligned} \qquad (1)$$

* *C. Ungureanu* este inginer la Centrala termoelectrică Paroşeni.

Pentru CO_2 reacțiile sînt următoarele :

$$Fe(OH)_2 + 2CO_2 = Fe(HCO_3)_2. \quad (2)$$

$$4\,Fe(HCO_3)_2 + 2H_2O + O_2 = 4Fe(OH)_3 + 8\,CO_2.$$

Bioxidul de carbon eliminat după ecuația (2) reacționează din nou, iar procesul nu încetează decît atunci cînd s-a consumat tot oxigenul; cantități mici de CO_2 pot să ducă deci la intensificarea puternică a coroziunii metalului.

Un alt factor care duce la deteriorarea țevilor de cazan este acțiunea aburului supraîncălzit, care reacționează direct cu fierul după reacția :

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + H_2.$$

Această reacție are loc cu consum de fier, deci cu pierderi de metal și este favorizată de temperatură; astfel la 450° se pare că ea decurge în mod curent [2].

Ultimul factor este descompunerea termică a bicarbonaților alcalini din apă la o presiune de peste 50 ata; bioxidul de carbon care se degajă devine agresiv. În continuare are loc o descompunere hidrolitică a carbonului alcalin format cu degajarea unei noi cantități de bioxid de carbon.

În funcție de acești factori, s-a ales pentru protecția circuitului apă-abur împotriva coroziunii metoda alcalinizării apei de alimentare cu amoniac, care să ducă la mărirea *p*H-ului între 8—8,8 și astfel să asigure menținerea unui strat protector rezistent, care să prevină îmbogățirea apei cu oxizi de fier și cupru.

În aplicarea acestei metode se impun următoarele condiții [3]: în apa de alimentare conținutul de $NaHCO_3$ să nu depășească 0,25 mval/l, iar oxigenul în condensat să nu fie mai mare de 0,05 mg/l.

Pornind de la acest considerent și avînd în vedere reacțiile (5) și (6) s-a trecut la partea experimentală a alcalinizării apei cu amoniac.

$$CO_2 + NH_4OH = NH_4HCO_3 \quad (5)$$

$$NH_4HCO_3 + NH_4OH = (NH_4)_2CO_3 + H_2O \quad (6)$$

Din reacția (6) se vede că pentru legarea a 1 mg/l de CO_2 liber este necesar 0,77 mg/l de NH_3. În cazul nostru, CO_2 în abur nu depășește 0,6 mg/l, înseamnă că 0,46 mg/l NH_3 este suficient pentru legarea lui sub formă de $(NH_4)_2CO_3$. De asemenea în laborator s-a determinat cantitatea de NH_3 de 25%, care este necesară pentru a mări *p*H-ul aburului de la 6,8 la 8,5 și s-a găsit că pentru un abur neutru este necesar 0,12 mg/l NH_3. Cantitatea de NH_3 pentru legarea CO_2 și menținerea unui *p*H de 8,0—8,5 este de 0,58 mg/l NH_3, 25%.

Pentru aplicarea acestei metode s-a admis premisa că există amestec complet între abur și amoniac, în tot spațiul de separare a aburului în tamburul cazanului, iar conținutul de amoniac din aburul condensat va corespunde relativ conținutului mediu de amoniac din condensatul turbinei.

Partea experimentală

Pentru menținerea unui *p*H de 8,5 în apa de alimentare s-a considerat că este necesar să se adauge 150 g NH_3 25%/h cu ajutorul pompei de fosfat, care să asigure în prima etapă un exces de 0,6 mg/l de NH_3 în apa de alimentare, conform relației :

$$C = \frac{A \times V}{D_{al}} = \frac{150\text{ g} \times 0{,}6\text{ l}}{250\text{ t}} = 0{,}6\text{ mg/l apa de alimentare,}$$

unde :

C este mg/l NH_3 în apa de alimentare;
A — conținutul în grame de NH_3/l;
D_{al} — debitul apei de alimentare în tone;
V — volumul de NH_3 în litri.

Pentru a stabili eficacitatea acestei metode s-au efectuat șapte încercări folosind NH_3 de 25% p. a. în diferite variante, efectuîndu-se analize curente la indicii care provoacă coroziunea atît înainte de a adăuga amoniac cît și în timpul adăugării lui.

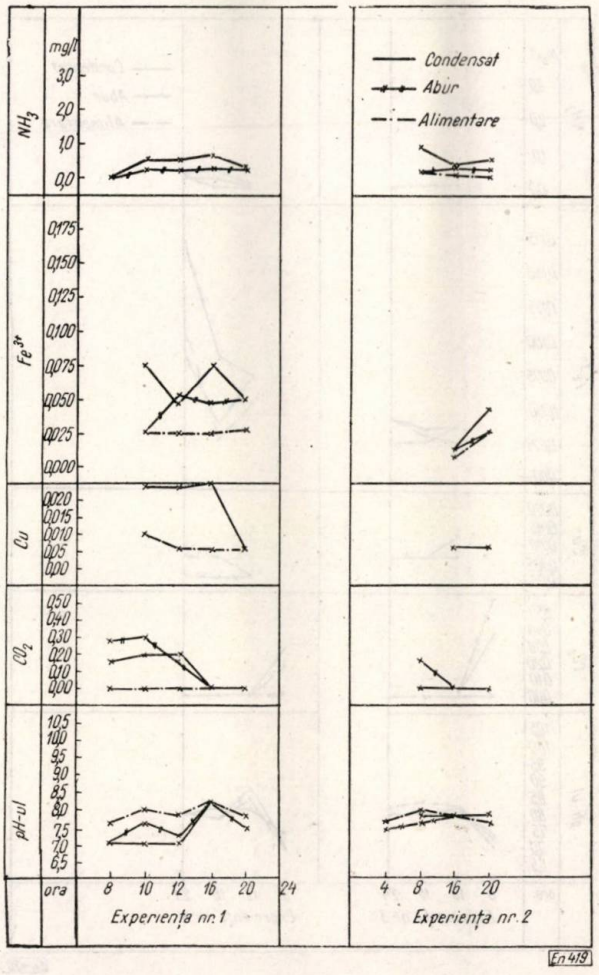


Fig. 1

Datele obținute sînt arătate în figurile 1—7, experiențele efectuîndu-se la grupul nr. 1.

Experiența nr. 1. S-a introdus 1 kg de NH_3 de 25% cu pompa de fosfat. Rezultatele obținute se văd în figura 1. Timpul de experimentare a fost de 8 h.

S-a calculat un consum de 1 mg/l NH_3 pe timp de o oră :

$$\frac{250\,000 \text{ mg } NH_3}{250\,000 \text{ l apă}} = 1 \text{ mg/l apă de alimentare și s-a realizat un } pH = 7{,}0-8{,}2.$$

Valoarea medie a conținutului de NH_3 în abur și condensat a fost de 0,02—0,25 mg/l. Din această experiență rezultă că se poate mări pH-ul la 8 cu o cantitate de 1 mg/l, valoare care întrece cu mult calculul propus. Totuși se vede că în aproximativ 8 h pH-ul aburului și condensatului s-a menținut la valorile 7,8—8,2, iar conținutul de Fe^{3+} și Cu^{+2} în limitele normale.

Din această încercare rezultă că, introducînd 0,120 kg NH_3 25% h, putem ridica pH-ul aburului și prin urmare să prevenim coroziunea.

Experiența nr. 2. Rezultatele sînt arătate în figura 2.

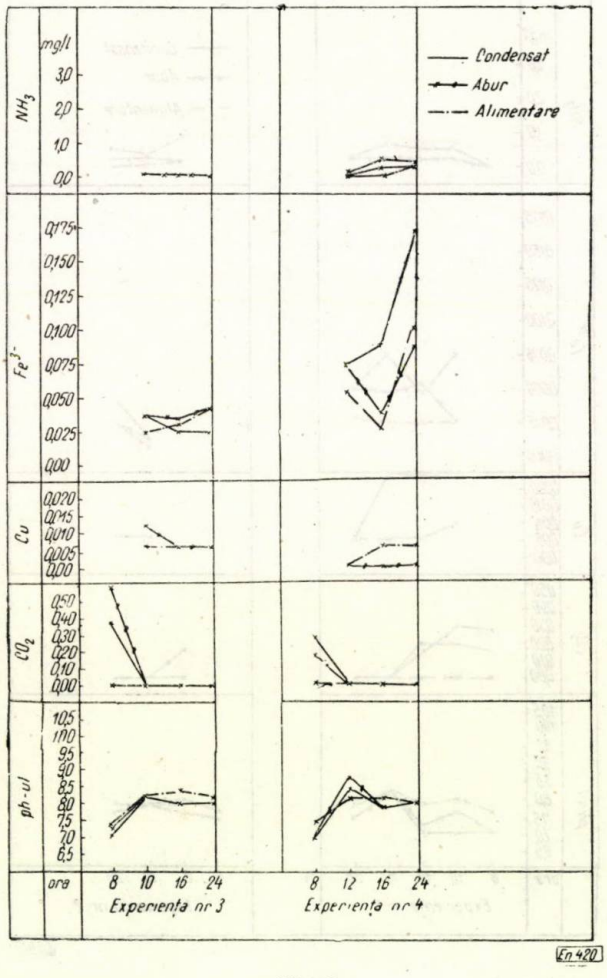


Fig. 2.

S-a introdus 1 kg NH_3 — 25% cu ajutorul pompei de fosfat în tamburul cazanului.

Timpul de experimentare 14 h, pornindu-se de la un pH = 7,4 în abur.

S-a realizat pH-ul mediu de 7,6—7,8, iar conținutul mediu de NH_3 a ajuns la 0,16 mh/l CO_2, menținîndu-se tot timpul zero, iar Fe^{3+} și Cu^{2+} nu au arătat nici o variație față de experiența nr. 1.

Cantitatea necesară de NH_3 a fost de 1 mg/l, deci și în acest caz mult peste calculul teoretic. Practic a rezultat un consum orar de 0,08 kg NH_3.

Experiența nr. 3. Rezultatele sînt arătate în figura 2.

S-a introdus 1 kg NH_3 25%. Durata de experimentare este de 14 h, pH-ul apei-abur s-a menținut aproape constant la 7,8—8, iar produsele de coroziune Fe—Cu au avut valori foarte mici, scăzînd față de experiența nr. 2.

Consumul de NH_3 a fost de 1 mg/l, mult peste calculul teoretic. Realizarea pH-lui la o valoare de 8 s-a făcut menținînd un conținut mediu de 0,08 mg/l în abur și condensat.

Din datele experimentale rezultă că pentru a menține pH-ul aburului la o valoare de 8, este necesar un consum mediu de 0,08 kg/h NH_3 de 25%. Conținutul de SiO_2 în abur și condensat nu rată variații, avînd valori de 0,05—0,23 mg/l, la fel ca înainte de adăugarea amoniacului.

Experiența nr. 4. S-au introdus 2 kg NH_3 25% cu pompa de fosfat. Timpul de experimentare a fost de 12 h.

Rezultatele sînt arătate în figura 2. De data aceasta pH-ul = 8 s-a realizat menținînd un conținut de 0,35 mg/l NH_3, obținîndu-se totodată o creștere a produselor de coroziune — — Fe^{3+} și Cu^{2+}, conținutul de SiO_2 în abur și condensat 0,005 — 0,008 mg/l valori normale. Din această experiență rezultă un consum de 0,170 kg/h NH_3 25%.

Experiența nr. 5. S-au introdus cu pompa de fosfat 3 kg NH_3 25%, iar timpul de experimentare a fost de 4 h.

Rezultatele analitice sînt arătate în figura 3. Cantitatea de amoniac a fost de 3 mg/l apă de alimentare, adică un exces foarte mare de amoniac.

S-a realizat un salt brusc al pH-ului aburului, dar care apoi a scăzut foarte repede, de asemenea și conținutul de amoniac în abur.

În medie a rezultat în această perioadă un conținut de 0,14 mg/l NH_3 în abur și condensat, ceea ce a dus la menținerea unui pH de 8,5—8,8. Conținutul de SiO_2 în abur și condensat a fost de 0,005—0,009 mg/l valori normale. Produsele de coroziune (Fe, Cu) au înregistrat oarecare creștere. Din această experiență a rezultat un consum orar de 0,075kg/h NH_3 25%.

Experiența nr. 6. Timpul de experimentare a fost de 78 h.

S-au introdus 50 l NH_3 de 4% în rezervorul de puncte joase, în orele 7—11, 13—16 și 18,30, de fiecare dată cîte 10 l soluție NH_3.

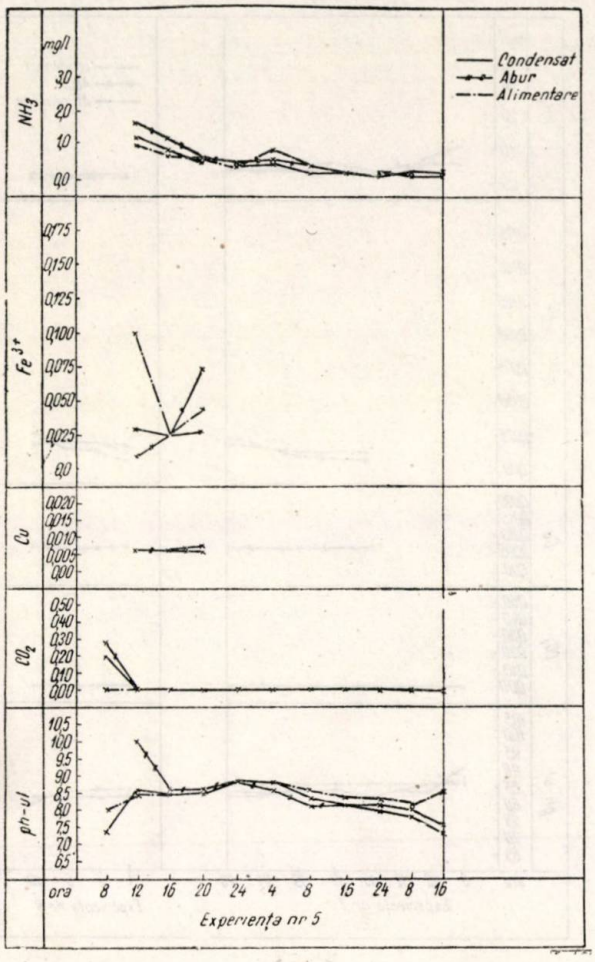


Fig. 3.

Rezultatele sînt arătate în figurile 4 și 5. Cantitatea de amoniac s-a calculat la o valoare foarte mare, și anume 1,6 mg/l apă de alimentare (fig. 4).

Se vede că, pe măsură ce se adaugă NH_3 la intervalele fixate anterior, pH-ul crește mult, atingînd valori de 10,0—10,2, drept consecință a creșterii conținutului de NH_3 în abur și condensat la 0,9—1,5 mg/l. Ca urmare a acestui fapt a crescut și conținutul de Fe^{3+} și Cu^{2+} deci această valoare a amoniacului de peste 1,0 mg/l devine periculoasă.

Tot în această experiență se vede că valorile acceptabile sînt de 0,4—0,6 mg/l NH_3, cînd se realizează un pH mediu de 8,0—8,5 și Fe^{3+} și Cu^{2+} se mențin la valori mici.

Pentru mărirea solubilității NH_3 în condensat s-au efectuat analize atît la degazorul de 1,2 ata cît și la rezervorul de puncte joase, unde NH_3 a avut valori de 0,7—1 mg/l (fig. 5).

Trebuie amintit că, în perioada creșterii peste 1 mg/l a conținutului NH_3 în abur, s-a observat o creștere simțitoare a SiO_2 în abur și condensat, înregistrîndu-se valori de 0,01—0,02 mg/l, mai mari decît cele obținute. Această experiență scoate în evidență avantajul mare pe care îl prezintă folosirea amoniacului pentru prevenirea coroziunii. Pentru realizarea celor de mai sus este un consum orar de 0,300 kg NH_3 de 25% în primele 4 h de alcalinizare, ceea ce duce la un conținut de 1,2 mg/l NH_3 în abur, din care 0,77 mg/l NH_3 reacționează cu CO_2 provenit din apa epurată și condensat, iar pentru menținerea pH-ului la 8,5 va fi nevoie de 0,100—0,150 kg/h NH_3 de 25%, ceea ce asigură un conținut 0,5—0,6 NH_3 în abur condensat.

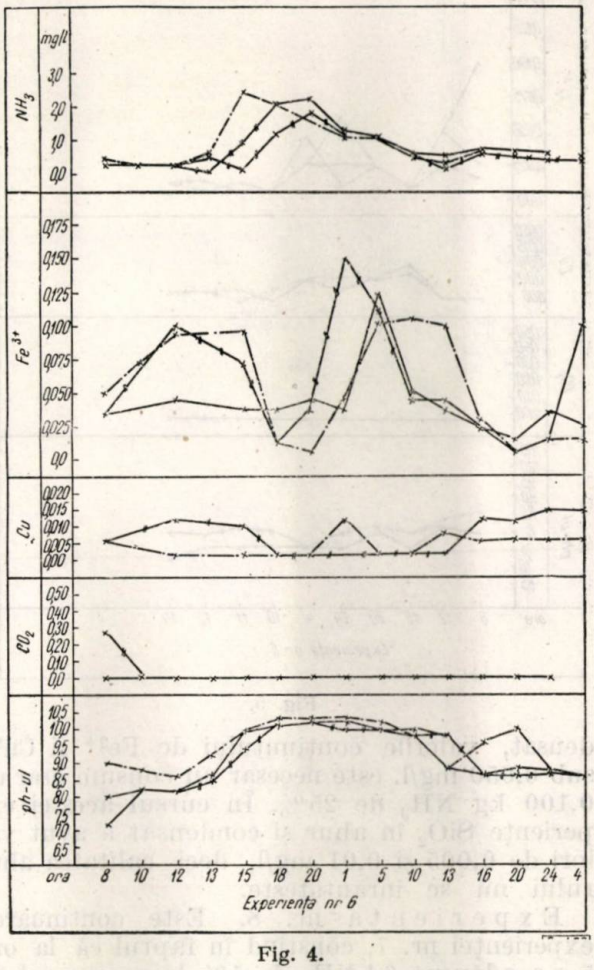


Fig. 4.

Experiența nr. 7. S-au urmărit indicii respectivi timp de 16 h. De data aceasta s-a căutat să se explice concluziile experienței nr. 6, făcîndu-se greșeala că s-a calculat cantitatea de NH_3 pentru o singură experiență la o valoare de două ori mai mare.

Astfel s-au introdus, 0,600 kg NH_3 de 25% în loc de 0,300 kg NH_3 de 25% cît era necesar, ceea ce a dus la începutul experienței la o valoare de 1,12 mg/l NH_3 în abur, respectiv la un pH = 9.

Rezultatele sînt arătate în figura 6. Introducerea amoniacului s-a făcut la ora 7, adăugîndu-se 0,6 kg NH_3 de 25%, la ora 11 introducîndu-se 0,300 kg NH_3 de 25% și la ora 14 introducîndu-se tot 0,300 kg NH_3 de 25%.

Din această experiență rezultă că pentru menținerea unui pH de 8,0—8,5 în abur și con-

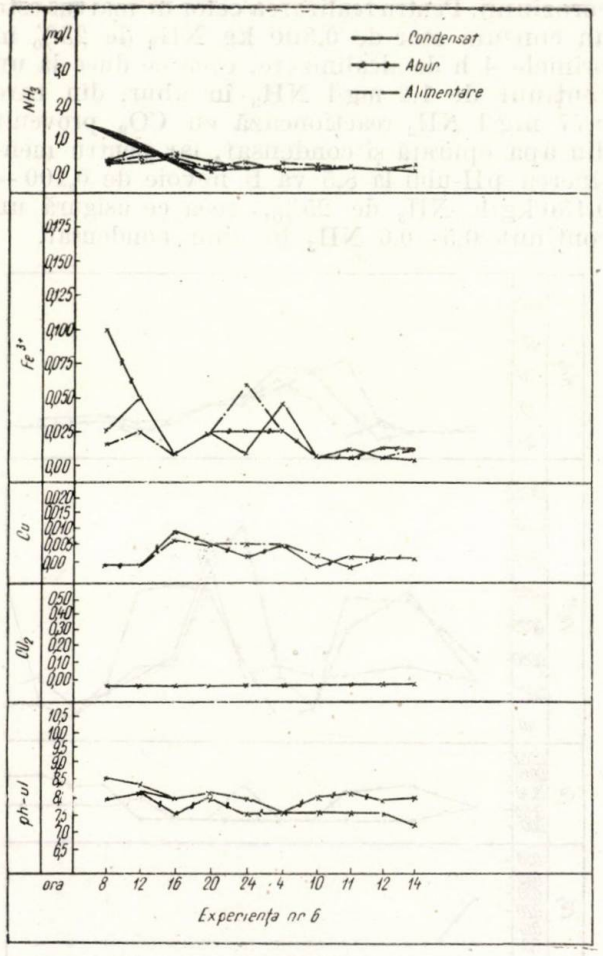


Fig. 5.

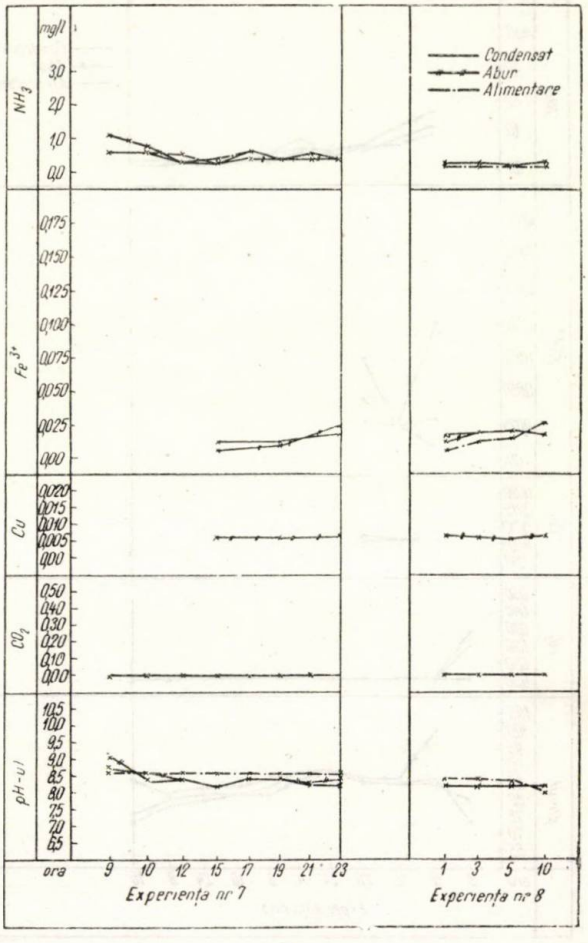


Fig. 6.

densat, valorile conținutului de Fe^{3+} și Cu^{2+} sub 0,050 mg/l, este necesar un consum orar de 0,100 kg NH_3 de 25%. În cursul acestei experiențe SiO_2 în abur și condensat a avut valori de 0,005 și 0,01 mg/l, deci calitatea aburului nu se înrăutățește.

Experiența nr. 8. Este continuarea experienței nr. 7, constînd în faptul că la ora 5 s-a adăugat 3 l NH_3 de 4% la rezervorul de puncte joase. Rezultatele sînt arătate în figura 6.

Din această experiență se trage concluzia că menținerea unui *p*H de 8,0—8,5 duce la micșorarea conținutului de Fe^{3+} și Cu^{2+} și trebuie avut în vedere dozarea corectă a amoniacului, în funcție de *p*H-ul aburului și condensatului.

Concluzii

1. Prevenirea coroziunii, constituie una din problemele complicate ale energeticii moderne; ea determină în mare parte funcționarea economică și alegerea schemelor tehnice ale centralelor electrice. Rezolvarea acestei probleme este mai complicată pentru alimentarea cazanelor cu presiune înaltă, cînd se folosește apă cationizată și instalațiile existente nu pot elimina complet principalii factori care provoacă coroziunea (CO_2 și O_2).

Din studiul executat reiese că folosirea amoniacului pentru alcalinizarea apei de alimentare constituie un mijloc eficace și ieftin, de a ridica *p*H-ul ciclului apă-abur la valoarea de 8,5, domeniu în care coroziunea devine practic minimă, fără a mări conținutul în săruri din ciclul apă-abur.

3. Dozarea amoniacului trebuie să se facă ținînd seamă de bilanțul pierderilor de amoniac în circuit însă să nu depășească 0,4—0,6 mg/l în abur condensat, pentru a evita creșterea periculoasă a concentrației de NH_3, care duce la coroziunea intensă a condensatoarelor.

4. Utilizarea alcalinizării apei de alimentare cu amoniac, la cazanele PK-10, permite să se tragă concluzia că problema coroziunii se va rezolva pozitiv, prin legarea CO_2 sub formă de $(NH_4)_2CO_3$ și asigurarea valorii *p*H-ului de 8,0 — 8,5, condiție necesară pentru a preveni îmbogățirea apei de alimentare cu produse ale coroziunii.

Bibliografie

[1] Krob, S. *Pregătirea apei.* Moscova, 1961, Editura tehnică, 1957.
[2] Stanisavlevici, L. *Tratarea apelor industriale.*
[3] Akolzin, P. A. și Zaițeva, Z. I. *Alcalinizarea apei din cazan în centralele electrice cu parametri înalți* Elektriceskie stanții, nr. 9, 1956.

Erorile totale ale grupurilor de măsură şi influenţa lor asupra erorilor de închidere a balanţei de energie electrică în sistemele energetice

IOAN GHEORGHIU * — Bacău

Articolul de mai jos expune rezultatele preocupărilor autorului cu privire la asigurarea închiderii balanţelor energetice în staţii în conformitate cu prevederile date în regulamentul M.M.E.E. — D.E.E. Redacţia invită pe această cale la publicarea şi de către alţi cititori a punctului de vedere ce şi l-au format în această problemă şi în formularea unor propuneri menite să rezolve dificultăţile existente în prezent.

Consideraţii asupra erorilor de închidere a balanţei de energie electrică în sistemele energetice

Urmărirea în permanenţă a modului de înregistrare a energiei electrice are o mare importanţă pentru ţinerea unei evidenţe juste a consumului de energie electrică. Acest lucru apare evident pentru economia naţională deoarece, în condiţiile economiei noastre socialiste planificate, avem de-a face cu o cantitate foarte mare de energie produsă şi consumată. De exemplu, dacă luăm eroarea de $\pm 1\%$ pentru închiderea balanţei de energie electrică, această eroare în ţinerea evidenţei energiei pe întreg sistemul naţional luată anual ca diferenţă de energie reprezintă milioane de lei.

Datorită aparatajului folosit erorile sînt mult mai mari, deoarece în echipamentele de măsură încă se mai folosesc contoare cu erori pînă la $\pm 2\%$ şi reductoare de intensitate de cl.1, aceasta pe de o parte, iar pe de altă parte chiar în ipoteza de folosire a contoarelor de $\pm 1\%$, a reductoarelor de curent de cl. 0,5 şi a reductoarelor de tensiune de cl. 0,2, erorile maxime posibile pot atinge în anumite cazuri valori de aproape $\pm 3\%$. Acest lucru este posibil deoarece la stabilirea echipamentului component al grupurilor de măsură nu se ţine cont de erorile totale care apar şi care sînt produse de fiecare element ce compune grupul de măsură, lucru care, de altfel, nu se poate face în faza de proiectare, dar de care nu se ţine cont nici în timpul exploatării instalaţiilor, astfel că evidenţa energiei electrice se face prin citirile contoarelor fără a se ţine cont nici măcar de erorile acestora.

Experienţa a arătat că erorile totale ale echipamentelor de măsură sînt foarte mari, ceea ce conduce la erori de închidere a balanţei de energie electrică în diferite puncte ale sistemului necorespunzătoare, dar care pot fi înlăturate prin efectuarea unor măsurători în urma cărora să se stabilească echipamentul component al grupurilor de măsură, încît erorile totale să se încadreze în limite admise.

Aceste concluzii s-au stabilit analizînd erorile de închidere a balanţei de energie electrică într-un punct nodal al sistemului Moldova, şi anume într-o staţie de 110/35/6 kV în care s-au efectuat măsurători timp de doi ani. În urma acestor măsurători s-au obţinut erori foarte mari şi de semne diferite pentru diverse grupuri de măsură montate pe linii sau transformatoare, care bineînţeles au condus la erori necorespunzătoare de închidere a balanţei de energie electrică.

Aceste măsurători au apărut ca o necesitate a faptului că s-a cerut de U.P.D.E. închiderea balanţei cu o eroare de $\pm 1\%$, folosind aparatajul de care dispunem în momentul de faţă. Astfel prin schimbarea de mai multe ori a contoarelor cu contoare verificate şi reglate în laborator, nu s-a reuşit obţinerea erorii indicate. În tabela 1 sînt date mărimile erorilor de închidere a balanţei pentru un interval de 15 zile în ipoteza diferitelor scheme de funcţionare a staţiei. Cu ajutorul contoarelor existente la data de 1.XII.1959 s-au făcut citiri pentru diferite scheme de funcţionare a staţiei şi s-au obţinut erori de închidere a balanţei între $-2{,}3$ şi $+1{,}1\%$, care bineînţeles nu satisfac cerinţele noastre. De aceea, la data de 16.XII.1961, s-au montat contoare reglate în laborator cu erori de $\pm 1\%$. După 15 zile de funcţionare, luînd citirile pentru diferite scheme de funcţionare a staţiei, erorile de închidere a balanţei au variat între $-1{,}92\%$ şi $+1{,}17\%$, erori a căror mărime de asemenea nu este satisfăcătoare.

Pentru a stabili cauzele acestor erori s-au verificat un grup de contoare şi s-au reglat astfel ca erorile lor să fie pozitive şi nu mai mari de $+1\%$. De asemenea alegerea contoarelor pentru fiecare linie sau transformator în parte s-a făcut ţinînd cont de variaţia de sarcină pe elementul montat, astfel că în acest interval de variaţie a sarcinii eroarea să rămînă aproximativ aceeaşi. Acest lucru rezultă din curbele de erori ale contoarelor reprezentate în figura 1, în care porţiunile de curbură haşurată reprezintă variaţia erorilor în funcţie de variaţia sarcinii pe elementul respectiv, linie sau transformator.

La 1.I.1960 s-au schimbat contoarele cu cele ale căror curbe sînt redate în figura 1. Din variaţia erorilor acestor contoare montate funcţie de variaţiile de sarcină ce au loc pe fiecare dintre elementele pe care s-au montat, rezultă că erorile de măsură sînt pozitive şi

* *I. Gheorghiu* este inginer-şef la IRE — Bacău.

nu diferă mult de la un contor la altul. Prin montarea acestor contoare era de așteptat ca mărimea erorii de închidere a balanței să fie foarte mică. Totuși, după o lună de zile, eroarea de

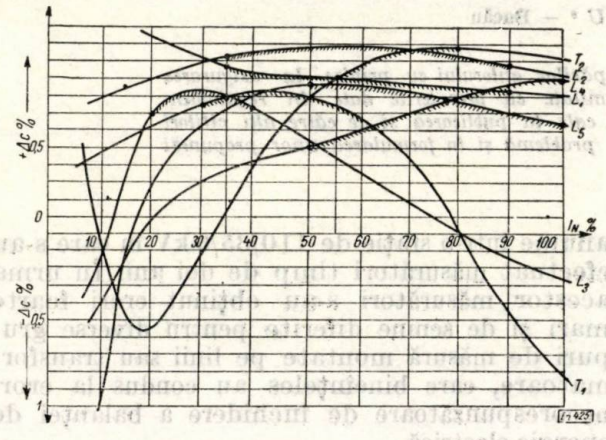


Fig. 1

închidere a balanței de energie electrică la sfîrșitul lunii ianuarie 1960 este de — 1,61% iar erorile zilnice au variat între --1,8% și +1,5%. La stabilirea acestor erori s-a observat că deși mărimea erorilor contoarelor era aceeași la variațiile de sarcină, totuși erorile de închi-

Tabela 1

	Schema de funcționare a stației					
L_1	Sarc 37% IN	Sarc 75% IN	Sarc 75% IN	Sarc 75% IN	X	X
L_2	Sarc 37% IN	X	X	X	Sarc 50% IN	Sarc 75% IN
L_3	Sarc 25% IN	Sarc 25% IN	Sarc 25% IN	Sarc 25% IN	Sarc 25% IN	X
L_4	Sarc 48% IN	Sarc 48% IN	Sarc 96% IN	X	X	Sarc 96% IN
L_5	Sarc 48% IN	Sarc 48% IN	X	Sarc 96% IN	Sarc 96% IN	X
T_1	Sarc 30% IN	Sarc 30% IN	Sarc 100% IN	X	Sarc 100% IN	X
T_2	Sarc 70% IN	Sarc 70% IN	X	Sarc 100% IN	X	Sarc 100% IN
ε_1%	-2,3%	-1,8%	-1,3%	-1,6%	-0,72%	-1,1%
ε_2%	-1,92%	-1,62%	-0,94%	-1,15%	-1,07%	-1,17%

ε_1 – Eroarea de închidere a balanței pentru contorii existenți la data de 1-XII-1959 după 15 zile de funcționare

ε_2 – Eroarea de închidere a balanței pentru contorii schimbați la 16-XII-1962 după 15 zile de funcționare

X – Linie sau transformator decuplat

o—→ – Energie care pleacă din stație

→o– – Energie care intră în stație

En 432

Tabela 2 a

	I_N%	Δ_i%			δ_i%			Cls
		A	B	C	A	B	C	
L_1 $^1/_2 Z_{sec}$	10% I_N	−1,4	−1,33	−0,99	+43′	+41′	+42,5′	0,5
	20% I_N	−0,7	−0,65	−1,56	+35′	+37′	+39′	
	100% I_N	−0,15	+0,21	−0,42	+18′	+25′	+18′	
L_2 $^1/_2 Z_{sec}$	10% I_N	+0,55	+0,5	+0,4	+23′	+39′	+39,5′	0,5
	20% I_N	+0,31	+0,2	+0,35	+21′	+25′	+25,5′	
	100% I_N	−0,05	−0,3	+ 0,31	+17,1′	+17,5′	+17,5′	
L_3 $^1/_2 Z_{sec}$	10% I_N	−0,8	−0,5	+0,68	+10,5′	+11,2′	+17′	0,5
	20% I_N	−0,59	−0,48	+0,2	+13′	+12′	+22′	
	100% I_N	+0,35	−0,47	−0,15	+17′	+15′	+28′	
L_4 $^1/_2 Z_{sec}$	10% I_N	−0,56	−0,47	−0,5	−41′	−39′	−39′	0,5
	20% I_N	−0,38	−0,4	−0,38	−25′	−25′	−24′	
	100% I_N	−0,31	−0,39	−0,37	−17′	−17′	−20′	
L_6 $^1/_2 Z_{sec}$	10% I_N	−0,61	−0,56	−0,52	+28′	+25′	+25′	0,5
	20% I_N	−0,48	−0,43	−0,3	+18′	+16′	+17′	
	100% I_N	−0,2	+0,1	+0,15	+12′	+ 9′	+9,2′	
T_1 $^1/_2 Z_{sec}$	10% I_N	−0,53	−0,5	−0,3	+25′	+27	−24′	0,5
	20% I_N	−0,29	−0,4	−0,1	+17′	+19	+16′	
	100% I_N	−0,2	−0,1	+0,3	+9′	+12	+ 8′	
T_2 $^1/_2 Z_{sec}$	10% I	+0,6	+0,5′	+0,5	+41′	+41′	+39′	0,5
	20% I	+0,4	+0,39	+0,4	+25′	+22′	+23′	
	100% I	+0,39	+0,39	+0,34	+18′	+18′	+17′	

Tabela 2 b

Clasa	$\Delta u\%$			δ'_u			U_1 kV	cos φ
	A	B	C	A	B	C		
0,2	+0,198	+0,191	+0,191	+9,9′	+9,2′	+9,7′	110	0,8

dere a balanței s-au schimbat prin variațiile de sarcină produse atît de consumatori cît și prin schimbarea configurației schemei stației.

Limitele de variație între −1,8% și +1,5% ale erorilor de balanță nefiind satisfăcătoare, s-au făcut măsurători pentru a determina influența erorilor reductoarelor de măsură asupra erorii totale de înregistrare a energiei electrice. Astfel s-au determinat erorile de raport și unghi ale reductoarelor de intensitate și tensiune, după care s-au făcut măsurători și s-au calculat erorile totale pentru fiecare grup de măsură în parte. În tabela 2 *a* sînt date erorile de unghi și raport ale reductoarelor de intensitate ale tuturor grupurilor de măsură, iar în tabela 2 *b*, erorile de raport și unghi ale reductoarelor de tensiune ale celului de măsură.

Influența erorilor reductoarelor de măsură asupra erorii totale

a) *Influența erorilor de unghi*

După cum știm, erorile de unghi atît ale reductoarelor de tensiune cît și ale reductoarelor de intensitate pot fi negative sau pozitive. Astfel, pentru stabilirea erorii de măsură produse de erorile de unghi ale reductoarelor distingem patru cazuri, și anume :

I $\delta_i = (+)$
$\delta_u = (-)$ δ_i = eroarea de unghi a reductoarelor de intensitate

II $\delta_i = (-)$
$\delta_u = (+)$

III $\delta_i = (+)$ δ_u eroarea de unghi a reductoarelor de tensiune
$\delta_u = (+)$

IV $\delta_i = (-)$
$\delta_u = (-)$

Construind pentru fiecare caz în parte diagrama vectorială (fig. 2, 3, 4 și 5), se poate deduce mărimea erorilor de unghi pentru cele patru ipoteze posibile.

Astfel, pentru cazul 1 din figura 3 rezultă :

$$P_1 = U_1 I_1 \cos \Phi_1,$$

în care :

P_1 este puterea în circuitul primar ;
U_1 — tensiunea primară ;
I_1 — curentul primar ;
$\cos \Phi_1$ — factorul de putere.

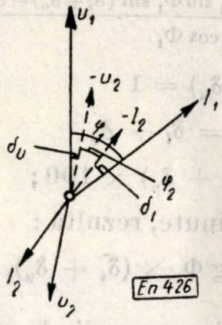


Fig. 2

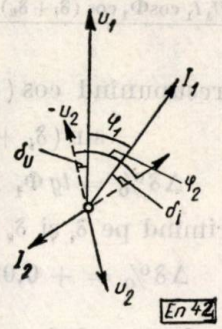


Fig. 3

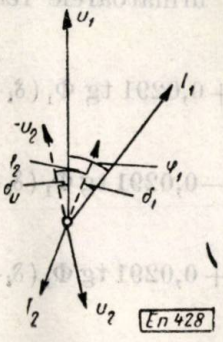


Fig. 4

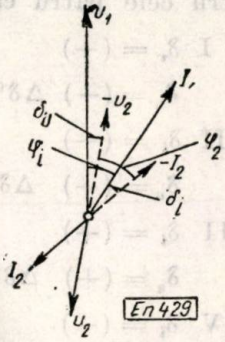


Fig. 5

Scriem puterea măsurată în circuitul secundar

$$P_2 = u_2 i_2 \cos \Phi_2,$$

în care :

P_2 este puterea în circuitul secundar ;
u_2 — tensiunea secundară ;
i_2 — curentul secundar,
$\cos \Phi_2$ — factorul de putere secundar.

Ținînd cont de rapoartele de transformare ale reductoarelor de intensitate și tensiune, se obține :

$$P'_1 = u_2 K_u i_2 K_i \cos \Phi_2$$

$$K_u u_2 = U_1 \text{ și } K_i \times i_2 = I_1.$$

Rezultă :

$$P'_1 = U_1 \times I_1 \cos \Phi_2 ;$$

din diagramă $\Phi_2 = \Phi_1 - (\delta_i + \delta_u)$.

Deci $P'_1 = U_1 I_1 \cos [\Phi_1 - (\delta_i + \delta_u)]$.

Scriem expresia erorii :

$$\Delta\delta\% = \frac{P'_1 - P_1}{P_1} 100.$$

în care $\Delta\delta$ este eroarea produsă de existența erorilor de unghi ale reductoarelor de intensitate și tensiune.

$$\Delta\delta\% = \frac{U_1 I_1 \cos[\Phi_1 - (\delta_i + \delta_u)] - U_1 I_1 \cos\Phi_1}{U_1 I_1 \cos\Phi_1} =$$

$$= \frac{U_1 I_1 \cos\Phi_1 \cos(\delta_i + \delta_u) + U_1 I_1 \sin\Phi_1 \sin(\delta_i + \delta_u) - U_1 I_1 \cos\Phi_1}{U_1 I_1 \cos\Phi_1}$$

Presupunînd $\cos(\delta_i + \delta_u) = 1$

$$\sin(\delta_i + \delta_u) = \delta_i + \delta_u$$

$$\Delta\delta\% = tg\,\Phi_1 \times (\delta_i + \delta_u) \times 100;$$

exprimînd pe δ_i și δ_u în minute, rezultă :

$$\Delta\delta\% = +0{,}0291\ tg\,\Phi_1 \times (\delta_i + \delta_u).$$

Analog se deduce mărimea erorii de unghi pentru fiecare caz în parte, obținîndu-se astfel pentru cele patru cazuri următoarele relații :

I $\delta_i = (+)$
$\delta_u = (-)$ $\Delta\delta\% = +0{,}0291\ tg\,\Phi_1 (\delta_i + \delta_u)$

II $\delta_i = (-)$
$\delta_u = (+)$ $\Delta\delta\% = -0{,}0291\ tg\,\Phi_1 (\delta_i + \delta_u)$

III $\delta_i = (+)$
$\delta_u = (+)$ $\Delta\delta\% = +0{,}0291\ tg\,\Phi_1 (\delta_i - \delta_u)$

IV $\delta_i = (-)$
$\delta_u = (-)$ $\Delta\delta\% = -0{,}0291\ tg\,\Phi_1 (\delta_i - \delta_u)$

Analizînd diagramele vectoriale și erorile pentru fiecare caz în parte, rezultă următoarele :

În cazul I, eroarea rămîne pozitivă $\Phi_2 < \Phi_1$, deci aparatul de măsură va indica mai mult, iar mărimea erorii va fi influențată de mărimea sumei $(\delta_i + \delta_u)$.

În cazul II, eroarea rămîne negativă $\Phi_2 > \Phi_1$, deci aparatul de măsură va indica mai puțin, iar mărimea erorii va fi influențată de mărimea sumei $(\delta_i + \delta_u)$.

În cazul III, eroarea va fi pozitivă sau negativă adică :

pentru : $|\delta_u| > |\delta_i|$ $\Delta\delta = (-)$
$|\delta_u| < |\delta_i|$ $\Delta\delta = (+)$

În cazul IV, eroarea va fi pozitivă sau negativă, adică :

Pentru : $|\delta_i| > |\delta_u|$ $\Delta\delta = (-)$
$|\delta_u| < |\delta_i|$ $\Delta\delta = (+)$

Avînd în vedere că în grupurile de măsură se folosesc reductoare de tensiune de cl. 0,2 și reductoare de curent de cl. 0,5 și 1, valorile absolute ale erorilor de unghi ale reductoarelor de intensitate vor fi întotdeauna mai mari decît la reductoarele de tensiune, deci pentru cazul III $\Delta\delta = (+)$, iar pentru cazul IV $(\Delta\delta = (-)$.

În concluzie, eroarea $\Delta\delta$ va avea următoarele semne :

	δ_i	δ_u	$\Delta\delta$
I	+	−	+
II	−	+	−
III	+	+	+
IV	−	−	−

După cum rezultă din expresia erorii $\Delta\delta$, această eroare mai depinde și de Φ_1 însă nu s-a insistat asupra acestui lucru, deoarece variația erorii $\Delta\delta$ funcție de cos Φ_1 este tratată în literatura de specialitate. S-a insistat mai mult asupra celor patru cazuri posibile ale erorii $\Delta\delta$, precum și asupra semnelor acestei erori pentru cele patru cazuri în parte care nu sînt tratate în literatura de specialitate.

De asemenea literatura de specialitate tratează variația eorii $\Delta\delta$ funcție de cos Φ_1 stabilind familia de curbe pozitive conform relației $\Delta\delta = 0{,}0291\ tg\,\Phi_1 (\delta_i - \delta_u)$, însă, după cum rezultă din analiza făcută, corespunzător celor patru cazuri stabilite, variația erorii $\Delta\delta$ în funcție de cos Φ_1 pentru diverse erori de unghi poate fi o curbă deasupra axei absciselor sau sub axa absciselor, după cum semnele erorii vor fi pozitive respectiv în cazurile I, III și negative în cazurile II—IV (fig. 6). În figura 6

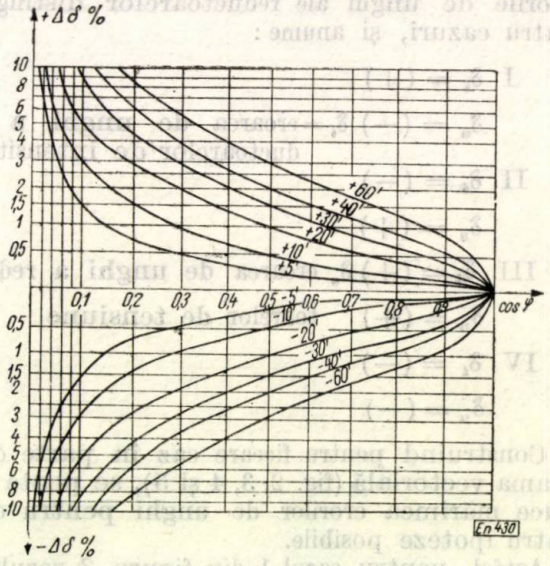


Fig. 6

sînt trasate curbele de variație ale erorii $\Delta\delta$ pentru diferite valori ale sumei și diferenței δ_i și δ_u funcție de factorul de putere. Pentru cazurile I și III, curbele se situează deasupra axei absciselor, iar pentru cazurile II și IV sub axa absciselor.

b) *Eroarea totală cu care contribuie reductoarele de tensiune și curent la mărimea erorii de măsură*

În afara erorilor produse de erorile de unghi, reductoarele de măsură mai intervin cu erorile de raport, astfel că eroarea totală va fi :

$$\Delta P = \Delta\delta + \Delta_u + \Delta_i,$$

în care :

Δ_u este eroarea de raport a reductoarelor de tensiune ;

Δ_i — eroarea de raport a reductoarelor de intensitate.

C. Determinarea erorii de balanță cu ajutorul erorii ΔP

După cum a rezultat din prima parte a expunerii, prin măsurătorile efectuate s-a eliminat contribuția erorilor contoarelor asupra erorii de închidere a balanței de energie electrică. Deoarece această eroare a rămas în limite neadmise, s-au făcut măsurători de determinare a erorilor cu care intervin reductoarele de intensitate și tensiune. În acest scop, pentru a stabili mărimea erorii de închidere a balanței de energie s-au determinat erorile ΔP pentru fiecare grup de măsură în parte, linie sau transformator și s-au efectuat măsurători de determinare a puterii secundare cu ajutorul wattmetrelor de cl. 0,1, astfel că erorile contoarelor nu

Tabela 3

	Schema stației		
L_1	W_1=23100 kW Sarc 375% IN ΔP= +0,155 P_1 = 23050 kW	W_1=41225 kW Sarc 70% IN ΔP= +0,115 P_1=41163	
L_2	W_1=18125 kW Sarc 25% IN ΔP= +1,144 P_1=17896 kW		W_1=41125 kW Sarc 70% IN ΔP=-0,1 P_1=40812 kW
L_3	W_1=8000 kW Sarc 25% IN ΔP= -0478 P_1= 8038 kW	W_1=8000 kW Sarc 25% IN ΔP= -0478 P_1=8038 kW	W_1=8000 kW Sarc 25% IN ΔP= -0478 P_1 = 8038 kW
L_4	W_1=9550 kW Sarc 48% IN ΔP=-0554 P_1=9602 kW		W_1=22900 kW Sarc 96% IN ΔP=-0478 P_1=23025,95 kW
L_5	W_1=18350 kW Sarc 48% IN ΔP=-0,605 P_1=18309,95 kW	W_1=22900 kW Sarc 96% IN ΔP=+059 P_1=22959 kW	
T_1	W_1=3325 kW Sarc 30% IN ΔP=-035 P_1=3318 kW	W_1=10325 kW Sarc 80% IN ΔP=-047 P_1=10259 kW	W_1=3325 kW Sarc 30% IN ΔP=+041 P_1=3318 kW
T_2	W_1=7000 kW Sarc 70% IN ΔP=-082 P_1=7057,4 kW		W_1=8000 kW Sarc 75% IN ΔP=-083 P_1=8072 kW
$\varepsilon\%$	0,8 %	− 0,2 %	−1,61 %

au mai intervenit. Aceste măsurători s-au făcut ținînd cont și de mărimea factorului de putere cos Φ_1. În tabela 3 sînt trecute măsurătorile efectuate pentru trei configurații de schemă posibile în care s-a notat :

W_1 — puterea măsurată cu ajutorul wattmetrelor de cl. 0,1 ;

$W_1 = W_2 K_i \; K_u W_2$ — suma citirilor wattmetrelor ;

$\Delta P = \Delta_i + \Delta_u + \Delta\delta$; Δ_i și Δ_u s-au determinat din curbele de erori ale reductoarelor (tabela 2) ;

$\Delta\delta$ s-a calculat funcție de δ_u și δ_i din aceeași tabelă funcție de cos Φ_1 al rețelei ;

P_1 — puterea în circuitul primar $P_1 = \left(1 - \frac{\Delta P}{100}\right) \cdot W_1$.

Din tabelă se observă că, dacă ΔP este pozitiv, energia primară P_1 este mai mică decît

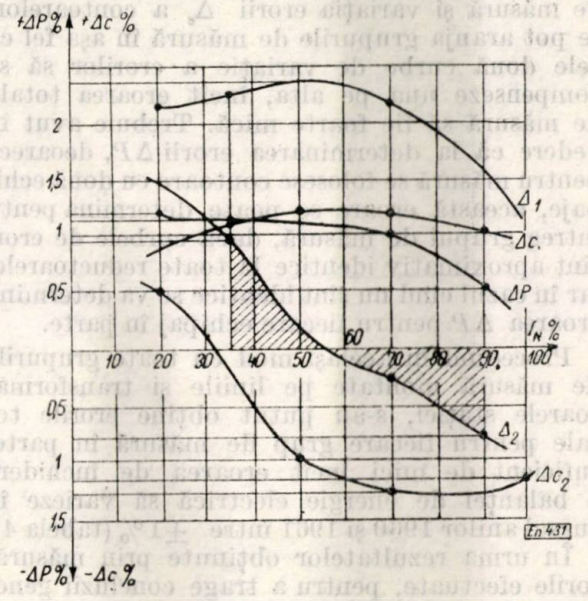


Fig. 7

energia măsurată în secundar W_1. Deci contorul va înregistra în plus o cantitate de energie, iar în cazul că ΔP este negativ, energia primară P_1 va fi mai mare decît cea măsurată în secundar W_1, deci contorul va înregistra mai puțin. În concluzie, neținînd cont de erorile contoarelor, făcînd balanța energiei electrice (tabela 3), se observă că existența erorii ΔP conduce la erori de balanță destul de mari, și anume eroarea de −1,61% nu este satisfăcătoare. Deci este absolut necesar să se cunoască mărimea erorii ΔP pentru a putea stabili eroarea totală a unui grup de măsură.

Cunoașterea variației erorii ΔP este foarte importantă, deoarece cunoscînd variația acestei erori, pe de o parte, iar pe de altă pate cunoscînd variația erorilor contoarelor, se pot aranja grupurile de măsură în așa fel ca eroarea totală să fie cît mai mică. Astfel în figura 7 s-a determinat variația erorii totale de măsură

$\Delta = \Delta_c + \Delta P$ pentru grupul de măsură montat pe linia L_1, și anume :

În cazul folosirii unui contor cu variația erorii Δ_{c1} pozitivă, se observă că în domeniul de variație a sarcinii pe linie de la 35% I_N pînă la 90% I_N eroarea totală $\Delta_1 = \Delta_{c1} + \Delta P$ variază de la +2,2% la +1,6%, iar eroarea maximă în acest interval atinge valoarea de +2,32%. Prin montarea unui contor cu variația erorii Δ_{c2} negative, se obține curba de variație a erorii totale Δ_2, care la variația de sarcină pe linie între 35% I_N pînă la 90% I_N variază între +0,98% și −0,8%. După cum se observă din diagramă, suprafețele haşurate reprezintă domeniul de erori datorită variației erorii totale prin variațiile de sarcină pe linie, în care caz eroarea de înregistrare este foarte mică. În concluzie, cunoscînd variația erorii ΔP, datorită reductoarelor de măsură și variația erorii Δ_c a contoarelor, se pot aranja grupurile de măsură în așa fel ca cele două curbe de variație a erorilor să se compenseze una pe alta, încît eroarea totală de măsură să fie foarte mică. Trebuie avut în vedere că la determinarea erorii ΔP, deoarece pentru măsură se folosesc contoare cu două echipaje, această eroare se poate determina pentu întreg grupul de măsură, dacă curbele de erori sînt aproximativ identice la toate reductoarele, iar în cazul cînd nu sînt identice se va determina eroarea ΔP pentru fiecare echipaj în parte.

Procedînd în același mod cu toate grupurile de măsură montate pe liniile și transformatoarele stației, s-au putut obține erorile totale pentru fiecare grup de măsură în parte, suficient de mici încît eroarea de închidere a balanței de energie electrică să varieze în cursul anilor 1960 și 1961 între ±1% (tabela 4).

În urma rezultatelor obținute prin măsurătorile efectuate, pentru a trage concluzii generale în privința contribuției la mărimea erorii totale a grupurilor de măsură prin existența erorii ΔP, datorită reductoarelor de intensitate și tensiune, s-au determinat valorile posibile ale erorii ΔP folosind curbele de erori ale acestora prevăzute în STAS.

Tabela 4

1960		1961	
Luna	ε%	Luna	ε%
I	−1,68	I	+0,8
II	−1,01	II	−0,37
III	+0,95	III	−1,16
IV	−0,6	IV	+0,62
V	+0,26	V	−1,62
VI	−0,437	VI	+0,4
VII	−0,21	VII	+0,11
VIII	−0,057	VIII	+0,8
IX	+0,63	IX	−1,00
X	+0,88	X	−0,47
XI	−0,42	XI	+0,9
XII	+0,49	XII	−1,00

D. Valorile posibile ale erorii ΔP folosind curbele de erori ale reductoarelor de măsură din STAS

Pentru determinarea valorilor posibile ale erorilor ΔP s-au folosit erorile de unghi și raport admise de STAS pentru reductorii de intensitate la sarcina de 10% I_N, 20% I_N și 100% I_N, iar pentru reductoarele de tensiune s-au considerat erorile de raport și unghi la puterea nominală a acestuia, deoarece încărcarea reductoarelor de tensiune nu se schimbă, ci rămîne în permanență aceeași, spre deosebire de reductoarele de intensitate, la care trebuie luată în considerație schimbarea curentului secundar o dată cu variația de sarcină pe elementul pe care sînt montate.

Tabela 5 a

Clasa	I_N	$\Delta i\%$	δ'_i	cos φ
0,5	10%	±1	± 60	0,8
	20%	±0,75	± 50	0,8
	100%	±0,5	± 40	0,8
	120%	±0,5	± 40	0,8
1	10%	±2	±120	0,8
	20%	±1,5	±100	0,8
	100%	±1	± 80	0,8
	120%	±1	± 80	0,8

Tabela 5 b

Clasa	$\Delta u\%$	δ'_u	cos φ	$U_1\%$ față de U_H
0,2	±0,2	±10	0,8÷1	50−120

De asemenea erorile s-au determinat la factorul de putere cos Φ = 0,8. În tabela 5 sînt redate erorile de raport și unghi ale reductoarelor prevăzute de STAS. Folosind erorile prevăzute de STAS, s-a determinat eroarea ΔP pentru două grupuri de reductoare care se utilizează în practică, și anume un grup format din reductoare de intensitate de clasă 1 cu reductoare de tensiune de cl. 0,2, iar al doilea grup format din reductoare de intensitate de cl. 0,5 și reductoare de tensiune de cl. 0,2.

La determinarea erorilor ΔP s-a ținut cont că erorile parțiale $\Delta\delta$, Δ_i și Δ_u pot fi negative sau pozitive, conform STAS.

Tabela 6

	I_N%	$-\Delta\delta$	$-\Delta_i$	$-\Delta_u$	ΔP		$+\Delta_u$	$+\Delta_i$	$+\Delta_\delta$
					−	+			
1	10	−	−	−	−	+4,578	+0,2	+2	+2,378
	20	−	−	−	−	+3,645	+0,2	+1,5	+1,945
	100	−	−	−	−	+2,93	+0,2	+1	+1,73
2	10	−2,378	−2	−0,2	−4,578	−	−	−	−
	20	−1,945	−1,5	−0,2	−3,645	−	−	−	−
	100	−1,73	−1	−0,2	−2,93	−	−	−	−
3	10	−	−2	−0,2	−	+0,178	−	−	+2,378
	20	−	−1,5	−0,2	−	+0,245	−	−	+1,945
	100	−	−1	−0,2	−	+0,53	−	−	+1,73
4	10	−2,378	−	−	−0,178	−	+0,2	+2	−
	20	−1,945	−	−	−0,245	−	+0,2	+1,5	−
	100	−1,73	−	−	−0,53	−	+0,2	+1	−
5	10	−	−	−0,2	−	+4,178	−	+2	+2,378
	20	−	−	−0,2	−	+3,245	−	+1,5	+1,945
	100	−	−	−0,2		+2,53	−	+1	+1,73
6	10	−2,378	−2	−	−4,178	−	+0,2	−	−
	20	−1,945	−1,5	−	−3,245	−	+0,2	−	−
	100	−1,73	−1	−	−2,53	−	+0,2	−	−
7	10	−	−2	−	−	+0,578	+0,2	−	+2,378
	20	−	−1,5	−	−	+0,645	+0,2	−	+1,945
	100	−	−1	−	−	+0,973	+0,2	−	+.173
8	10	−2,378	−	−0,2	−0,578	−	−	+2	−
	20	−1,945	−	−0,2	−0,645	−	−	+1,5	−
	100	−1,73	−	−0,2	−0,973	−	−	+1	−

Astfel în tabelele 6 și 7 sînt determinate mărimile erorii ΔP în funcție de schimbările de sens ale erorilor componente $\Delta\delta$, Δ_i și Δ_u pentru cele două grupuri de reductoare în parte.

Analizînd erorile din tabelele 6 și 7, observăm patru grupuri de valori posibile ale erorii ΔP pentru fiecare grup de reductoare în parte. Pentru o interpretare mai ușoară, mărimile erorii ΔP s-au sistematizat în tabela 8. Din tabela 8 se observă că în cazul ambelor grupuri de reductoare există numai un singur caz din cele patru cazuri posibile în care eroarea ΔP este mică, și anume numai în cazul II. În celelalte trei cazuri, erorile ΔP pentru ambele grupe de reductoare, chiar în situația cea mai favorabilă a sarcinii 100% I_N a reductoarelor de intensitate, au valori destul de mari, care împreună cu erorile contoarelor pot conduce la erori de măsură neadmise.

Diferitele erori de măsură care pot apărea în diverse puncte ale sistemului explică totodată și fluctuațiile de pierderi în rețele care au loc de la o lună la alta, deoarece acestea sînt determinate tot cu ajutorul contoarelor.

Afectarea indicelui de pierdere în rețele are loc chiar în ipoteza folosirii în grupurile de măsură a celor mai bune reductoare de intensitate și tensiune. De exemplu, folosind la capetele unei linii pentru determinarea energiei plecate și sosite grupuri de măsură formate din reductoare de intensitate de cl. 0,5 și reductoare de tensiune de cl.0,2, numai eroarea produsă de acestea poate afecta pierderile în rețele destul de mult (tabela 8).

Astfel, micșorarea cît mai mult a erorii totale la grupurile de măsură, în afară de faptul că se reduc erorile de închidere a balanței de energie electrică în diverse puncte ale sistemului, deci contribuie la ținerea unei evidențe cît mai juste a producerii și consumului de energie electrică, are o mare importanță și în ceea ce privește determinarea indicelui de pierdere în rețele.

Deci, pentru realizarea grupurilor de măsură astfel ca erorile totale ale acestora să fie în

Tabela 7

	I_N%	$-\Delta_\delta$	$-\Delta_i$	$-\Delta_u$	ΔP −	ΔP +	$+\Delta_u$	$+\Delta_i$	$+\Delta_\delta$
1	10	—	—	—	—	+2,712	+0,2	+1	+1,512
	20	—	—	—	—	+2,048	+0,2	+0,75	+1,298
	100	—	—	—	—	+1,78	+0,2	+0 5	+1,08
2	10	−1,512	−1	−0,2	−2,712	—	—	—	—
	20	−1,298	−0,75	−0,2	−2,048	—	—	—	—
	100	−1,08	−0,5	−0,5	−1,78	—	—	—	—
3	10	—	−1	−0,2	—	+0,312	—	—	+1,512
	20	—	−0,75	−0,2	—	+0,348	—	—	+1,298
	100	—	−0,5	−0,2	—	+0,38	—	—	+1,08
4	10	−1,512	—	—	−0,312	—	+0,2	+1	—
	20	−1,298	—	—	−0,348	—	+0,2	+0,75	—
	100	−1,08	—	—	−0,38	—	+0,2	+0,5	—
5	10	—	—	−0,2	—	+2,312	—	+1	+1,512
	20	—	—	−0,2	—	+1,848	—	+0,75	+1,298
	100	—	—	−0,2	—	+1,38	—	+0,5	+1,08
6	10	−1,512	−1	—	−2,312	—	+0,2	—	—
	20	−1,298	−0,75	—	−1,848	—	+0,2	—	—
	100	−1,08	−0,5	—	−1,38	—	+0,2	—	—
7	10	—	−1	—	—	+0,712	+0,2	—	+1,512
	20	—	−0,75	—	—	+0,748	+0,2	—	+1,298
	100	—	−0,5	—	—	+0,78	+0,2	—	+1,08
8	10	−1,512	—	−0,2	−0,712	—	—	+1	—
	20	−1,298	—	−0,2	−0,748	—	—	+0,75	—
	100	−1,08	—	−0,2	−0,78	—	—	+0,5	—

Tabela 8

	T_u − cl. 0,2 T_i − cl. 1				T_u − cl. 0,2 T_i − c. 0,5		
I_N%		10%	20%	100%	10%	20%	100%
ΔP%	I	±4,578	±3,545	+2,93	±2,712	±2,048	+1,78
	II	±0,178	±0,245	±0,53	±0,342	±0,348	±0,38
	III	±4,178	±3,245	±2,53	±0,312	±1,848	±1.38
	IV	±0,578	±0,645	±0,773	±0,712	±0,748	±0,78

limite admise, se pot stabili cît mai aproape de realitate pierderile în rețele care, după cum am văzut, sînt micșorate sau mărite, funcție de cum variază erorile grupurilor de măsură.

Concluzii

După cum rezultă din cele prezentate, obținerea erorilor totale ale grupurilor de măsură cît mai mici este de mare importanță, iar micșorarea acestor erori este posibilă.

Pentru ușurarea determinării erorii totale, este foarte important să se aibă în vedere ca curbele de erori ale reductoarelor de intensitate ce compun grupul de măsură să fie aproximativ aceleași, la fel și curbele de erori ale reductoarelor de tensiune de la celulele de măsură. În caz că nu este posibilă aranjarea reductoarelor cu curbe de erori apropiate, erorile se vor stabili pe fiecare echipaj în parte, după care se va determina eroarea totală.

Deoarece nu toate laboratoarele dispun de aparatajul necesar determinării erorilor de unghi și raport ale reductoarelor de măsură, este foarte indicat ca pe fișele tehnice ale reductoarelor să fie trecute și curbele de erori. În acest fel, aranjarea grupurilor de măsură ar fi mult înlesnită, putînd fi făcută chiar înainte de intrarea în funcțiune a instalațiilor, deoarece s-ar putea cunoaște imediat variația erorii ΔP, cu ajutorul căreia s-ar stabili limitele de variație ale erorii totale pentru fiecare grup de măsură în parte.

Mărimea erorii totale a grupurilor de măsură este influențată aproape în aceeași măsură ca și clasa de precizie a contoarelor, putînd fi micșorată alegîndu-se eroarea Δ_c a contoarelor încît să cît mai apropiată de valoarea absolută și de sens contrar cu eroarea ΔP a reductoarelor de măsură.

Pentru ca variația erorii totale a grupului de măsură să rămînă în limitele apropiate de cele admise datorită variațiilor de sarcină produse de consumatori sau prin schimbarea schemei de funcționare, este absolut necesar ca diferența de variație a erorii ΔP și a erorii contatoarelor Δ_c să dea o curbă a erorii totale cu variația în limite cît mai mici.

Acest lucru poate fi realizat printr-o muncă susținută efectuîndu-se măsurătorile necesare, determinîndu-se erorile parțiale și totale ale fiecărui grup de măsură în parte și ținîndu-se o evidență permanentă a erorilor de închidere a balanței în toate punctele sistemului.

Micșorarea pericolului de accidente prin electrocutare în rețelele de distribuția energiei electrice la joasă tensiune, ale șantierelor de construcții-montaj

LEFORDITVA
J. 17259/61

MANFRED STEIN și *MIRCEA STERIAN* * București

A. Măsurile de protecție folosite în prezent în rețelele electrice de joasă tensiune ale șantierelor sînt stabilite pe de o parte, de normativul *„Protecția prin legare la pămînt și protecția prin legare la conductorul de nul, la utilajele electrice pe șantierele de construcție cu tensiunea de lucru pînă la* 1 000 V" elaborat de Institutul de cercetări științifice pentru protecția muncii [4] și pe de altă parte, de *prescripțiile Ministerului Minelor și Energiei Electrice* (M.M.E.E.).

Amîndouă aceste prescripții prevăd folosirea a două sisteme de protecție : legarea la nul și legarea la pămînt, cu observația că prima prescripție citată nu limitează domeniul de aplicare a unuia sau altuia din aceste două sisteme de protecție, pe cînd a doua prescripție prevede ca în rețelele de joasă tensiune cu 4 conductoare (3 conductoare de fază și unul de nul de lucru), nulul să fie legat direct la pămînt și ca sistem de protecție să se folosească numai legarea la nul, iar în rețelele cu 3 conductoare, funcționînd cu punctul neutru izolat, să se folosească legarea la pămînt. Această deosebire se explică prin faptul că prescripțiile M.M.E.E. sînt aplicabile centralelor și rețelelor electrice referindu-se la instalații energetice deservite de un personal calificat și în alte condiții decît cele de pe șantiere la care se aplică normativul Institutului pentru protecția muncii.

Înainte de a intra în amănunte trebuie să se atragă atenția asupra faptului că amîndouă sistemele de protecție folosesc pentru protecția împotriva electrocutărilor, numai în cazul cînd omul vine în contact cu o parte a instalației care în mod normal nu este sub tensiune, dar care accidental a intrat în contact cu o parte sub tensiune — și nu pentru cazurile atingerilor accidentale chiar a părților aflate în mod normal sub tensiune.

a. *Principiul protecției de legare la nul* este următorul :

Într-o rețea avînd 3 conductoare de fază și un conductor de nul, transformatorul funcționînd cu punctul neutru legat la pămînt printr-o rezistență foarte mică — toate părțile metalice ale aparatelor racordate la rețea și care în mod normal nu se află sub tensiune sînt legate electric la punctul neutru al transformatorului (fig. 1).

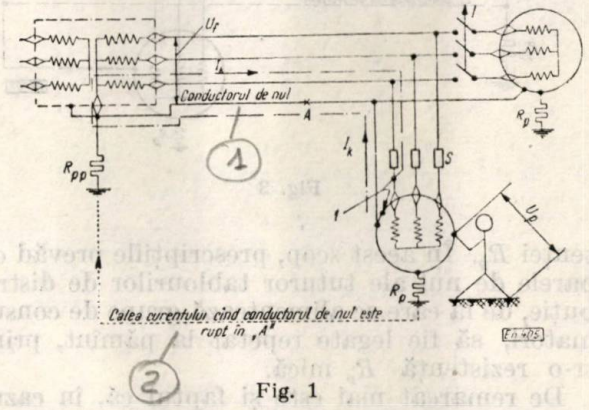


Fig. 1

În cazul cînd una din fazele rețelei vine în contact cu carcasa vreunui aparat (în punctul *1* de exemplu, fig. 1), se va închide circuitul arătat prin linie punctată și curentul de scurtcircuit I_k trebuie să producă arderea siguranței *S* sau deconectarea întreruptorului *I* celui mai apropiat de locul de defect.

Datorită timpului foarte scurt în care se face întreruperea, pericolul de electrocutare prin atingerea carcasei este mic. Chiar în cazul

---

* *M. Stein* și *M. Sterian*, sînt ingineri principali la T.C.M.E.

cînd întreruperea se face într-un timp mai mare sau nu se face deloc, tensiunea U_p la care este supus omul este redusă acesta fiind șuntat de rezistența mică a conductorului de nul.

În cazul întreruperii accidentale a conductorului de nul în punctul *A* de exemplu și producerii unei atingeri la masă în (*1*), curentul nu se va mai închide prin conductorul de nul, ci prin pămînt (linia punctată din fig. 1); și cum rezistența de trecere aparat-pămînt este cea mai mare dintre toate rezistențele de pe circuit, cea mai mare parte a tensiunii se va aplica la bornele acelei rezistențe, deci în cazul atingerii de către om a carcasei, acesta ar fi supus acțiunii acestei tensiuni (fig. 2).

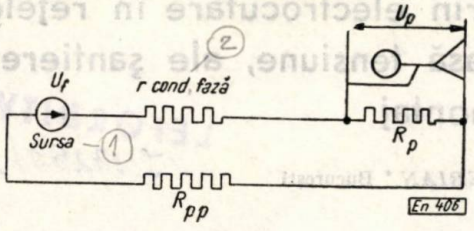


Fig. 2

Deoarece *r* cond. fază și R_{pp} sînt mai mici decît R_p, U_p poate să aibe valori apropiate de U_f (fig. 1).

Pentru a preîntîmpina accidentele posibile în asemenea situații, este nevoie de a reduce diferența de potențial U_p și deci valoarea rezis-

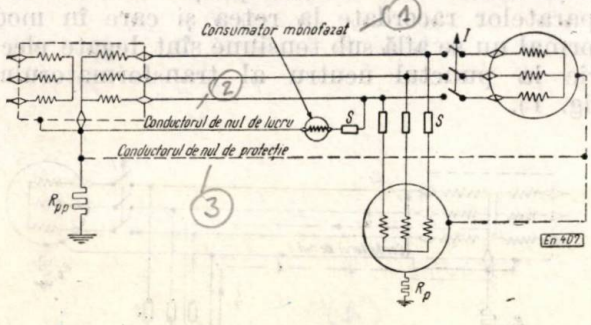


Fig. 3

tenței R_p. În acest scop, prescripțiile prevăd ca barele de nul ale tuturor tablourilor de distribuție, de la care se alimentează grupe de consumatori, să fie legate repetat la pămînt, printr-o rezistență R_p mică.

De remarcat mai este și faptul că, în cazul ruperii conductorului de nul în punctul *A* (fig. 1) și a străpungerii la masă în punctul *1*, diferența de potențial U_p dintre carcasa mașinii defecte și pămînt se transmite, datorită legăturii electrice prin conductorul de nul, la toate celelalte carcase legate de conductorul de nul dincoace de punctul *A*.

În timp ce prescripțiile M.M.E.E nu fac nici un fel de restricție în privința folosirii conductorului de nul de lucru și drept conductor de legare la nul (fig. 1), normativul mai sus citat, impune prevederea, în cazul sistemului de protecție prin legarea la nul, a 2 conductoare de nul distincte, unul de lucru și unul exclusiv de protecție (fig. 3), pentru motivele arătate mai sus. Este evident că soluția din această figură este mai sigură.

b *Principiul protecției prin legare la pămînt* este următorul :

Într-o rețea în care transformatorul funcționează cu punctul neutru izolat, toate părțile metalice ale aparatelor racordate la rețea și

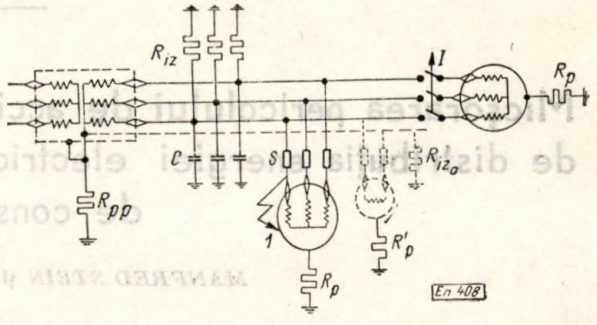


Fig. 4

care în mod normal nu sînt sub tensiune, se leagă la o priză de pămînt, individuală sau comună (conductor de pămîntare fig. 4 și 5).

În cazul cînd una din fazele rețelei vine în contact accidental cu vreo carcasă a unui aparat (de ex : în punctul *1*), curentul de defect se poate închide :

În cazul rețelei cu 3 conductoare (fără conductor de nul), prin rezistențele de izolație R_{iz} și capacitățile *C* ale rețelei.

În cazul rețelei cu 4 conductoare (cu conductor de nul), prin rezistențele de izolație R_{iz} și capacitățile *C* ale rețelei, precum și prin rezistența de izolație [a conductorului] de nul R_{iz0}.

Rezistențele R_p, de legare la pămînt, trebuie să fie deci astfel dimensionate, încît tensiunea U_p să nu fie periculoasă.

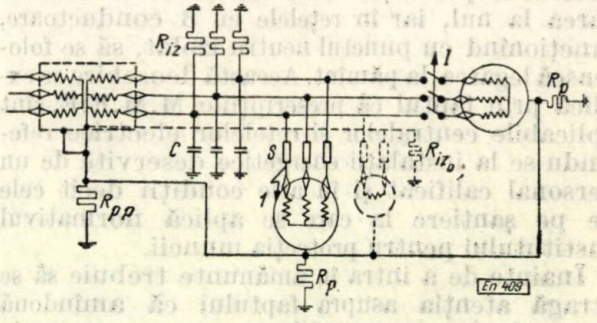


Fig. 5

Se remarcă faptul că, în acest sistem de protecție, defectele nu se autoselectează, cum este cazul în sistemul de legare la nul, deoarece curenții de defect sînt în acest caz mult prea mici pentru a produce arderea siguranțelor *S* (fig. 4 și 5) sau declanșarea întreruptorului *I*.

Pentru descoperirea defectelor în asemenea rețele se recomandă folosirea sistemelor pentru controlul izolației rețelelor.

După cum s-a arătat mai sus — și la acest sistem de protecție prevederile M.M.E.E. și ale normativului ICSPM sînt diferite. Astfel pentru motivele arătate la început, pe cînd prescripțiile M.M.E.E. admit folosirea de prize individuale de pămînt R_p ca în figura 4, prescripțiile ICSPM cer un conductor special de pămîntare ca în figura 5.

B. Din cele arătate mai sus rezultă că *oricare ar fi principiul de protecție folosit, acesta nu protejează contra accidentelor datorite atingerii directe a părților sub tensiune.*

Factorii care favorizează producerea unor asemenea accidente în rețelele de pe șantierele de construcție și montaj sînt : marea mobilitate a utilajelor, condițiile de mediu neprielnice, folosirea de utilaje mari și ancombrante, manipularea de piese voluminoase. Pe lîngă acești factori, nu trebuie scăpat din vedere și faptul că personalul de pe șantiere nu cunoaște în suficientă măsură pericolul pe care-l prezintă rețeaua electrică și nu este suficient de avizat asupra comportării în apropiere a unor asemenea rețele.

Pentru a preîntîmpina pe cît posibil și asemenea accidente rezultate în urma atingerilor directe a unor părți sub tensiune — s-a studiat posibilitatea utilizării unei scheme de protecție speciale, care să ferească personalul de accidentări grave, fără însă ca această protecție specială să influențeze negativ asupra condițiilor de protecție existente în momentul de față.

Schema de protecție propusă este aceea din figura 6 și se bazează pe următoarele principii :

— rețeaua funcționează cu 4 conductoare (3 conductoare de fază și unul de nul) ;

— conductorul de nul servește exclusiv pentru alimentarea consumatorilor monofazați și nu este legat la pămînt ;

— ca protecție se folosește un conductor special de pămîntare, conform prevederilor, ICSPM ;

— în caz de atingere accidentală a unei faze de către om, rețeaua trebuie deconectată instantaneu și trebuie să se producă selectarea automată a defectului.

După cum se poate vedea din schemă, în cazul atingerii unei faze de către om (rezistența minimă 1 000 Ω), prin releele legate între punctul neutru al sursei și pămînt va trece un curent I_R care trebuie să excite releul *1 RC* comandînd declanșarea instantanee a rețelei prin întreruptorul *1 I*, scoțînd astfel în circa 0,1—0,2 s omul de sub acțiunea curentului electric — timp suficient redus pentru a se evita un accident grav prin electrocutare.

Faptul că timpul de trecere a curentului prin corpul omenesc influențează foarte mult posibilitatea de defect a fost demonstrat în numeroase experiențe [1] [2].

Într-adevăr experiențele au dovedit că atingerea directă la joasă tensiune a instalațiilor de distribuție a energiei electrice, timp de 0,1—0,2 s nu afectează nici un organ vital al corpului omenesc.

Pentru a preîntîmpina deconectarea rețelei în cazurile cînd o carcasă de aparat intră în contact direct cu o fază, se prevede un al doilea releu *2 RC* care fiind parcurs de curentul de scurtcircuit mai mare ce apare în asemenea cazuri (deoarece în circuit nu mai intervine rezistența corpului omenesc), blochează declanșarea întreruptorului *1 I* și împiedică întreruperea rețelei, producînd totodată închiderea întreruptorului *2 I*. Rețeaua trece astfel automat la funcționare cu punere directă la nul și defectul se autoselectează, prin arderea siguranței aparatului defect.

Schema din figura 6 funcționează astfel : în cazul excitării releului *1 RC* (contact prin corpul omenesc) se excită și releul *1 RI*, comandînd declanșarea întreruptorului *1 I*, care deconectează rețeaua ; în cazul funcționării și a releului *2 RC*, se excită releul *2 RI* care, pe de o parte întrerupe circuitul de declanșare a întreruptorului *1 I* (prin contactul normal închis), iar pe de altă parte, dă impuls de anclanșare bobinei întreruptorului *2 I* care se închide. Releul *2 RI* își face autocontact prin butonul *B* și acționează soneria *S*, care avizează personalul asupra defectului.

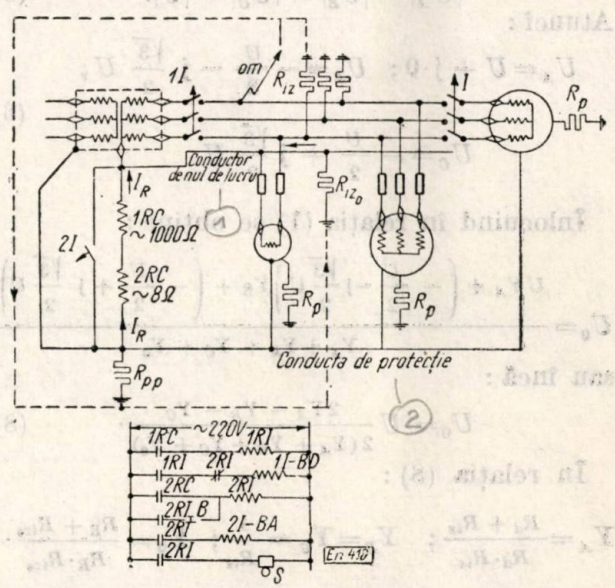


Fig. 6

Pentru executarea calculelor necesare stabilirii sensibilității schemei se folosește schema echivalentă din figura 7.

În această schemă, capacitatea rețelei față de pămînt a fost neglijată deoarece fiind vorba de rețele de șantier, în marea lor majoritate aeriene, capacitățile sînt neglijabile în raport

cu rezistențele de izolație ce intervin în asemenea cazuri.

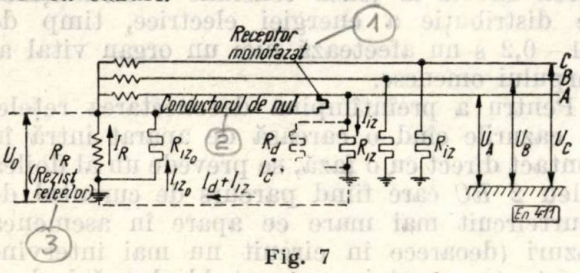


Fig. 7

Tensiunea U_0 se determină din relația corespunzătoare deplasării punctului neutru, prin nesimetria cauzată de defect:

$$U_0 = \frac{\overline{U}_A \overline{Y}_A + \overline{U}_B \overline{Y}_B + \overline{U}_C \overline{Y}_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_0}, \quad (1)$$

în care tensiunile pe fază rezultă în reprezentare complexă:

$$\overline{U}_A = U_A + j \cdot 0; \quad (2)$$

$$\overline{U}_B = -\frac{U_B}{2} - j \cdot \sqrt{3}\,\frac{U_B}{2}; \quad (3)$$

$$\overline{U}_C = -\frac{U_C}{2} + j \cdot \sqrt{3}\,\frac{U_C}{2}. \quad (4)$$

Se consideră sistemul simetric de tensiuni și deci rezultă ca relație între modulele tensiunilor:

$$|U_A| = |U_B| = |U_C| = |U|. \quad (5)$$

Atunci:

$$U_A = U + j \cdot 0; \quad U_B = -\frac{U}{2} - j\,\frac{\sqrt{3}}{2}\,U;$$
$$U_C = -\frac{U}{2} + j\,\frac{\sqrt{3}}{2}\,U. \quad (6)$$

Înlocuind în relația (1) se obține:

$$U_0 = \frac{UY_A + \left(-\frac{U}{2} - j\,\frac{\sqrt{3}}{2}\,U\right)Y_B + \left(-\frac{U}{2} + j\,\frac{\sqrt{3}}{2}\,U\right)Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_0} \quad (7)$$

sau încă:

$$U_0 = U\,\frac{2Y_A - Y_B - Y_C}{2(Y_A + Y_B + Y_C + Y_0)}. \quad (8)$$

În relația (8):

$$Y_A = \frac{R_d + R_{iz}}{R_d \cdot R_{iz}}; \quad Y_B = Y_C = \frac{1}{R_{iz}}; \quad Y_0 = \frac{R_R + R_{iz_0}}{R_R \cdot R_{iz_0}}.$$

Înlocuind valorile de mai sus în relația (8) și punînd:

$k = \frac{Y_A}{Y}$ (în care se consideră $Y_B = Y_C = Y$)

sau
$$k = \frac{(R_d + R_{iz}) \cdot R_{iz}}{R_d \cdot R_{iz}} = \frac{R_d + R_{iz}}{R_d} = 1 + \frac{R_{iz}}{R_d} \quad (9)$$

$$M = \frac{Y_0}{Y} = \frac{(R_R + R_{iz_0})R_{iz}}{R_{iz_0} \cdot R_R}, \quad (10)$$

se obține:

$$U_0 = U\,\frac{1}{\frac{R_d}{R_{iz}}\left(3 + \frac{R_{iz}}{R_R} + \frac{R_{iz}}{R_{iz_0}}\right) + 1}. \quad (11)$$

Se vede totodată imediat că:

$$I_R = \frac{U_0}{R_R} \text{ și } T_d = \frac{U - U_0}{R_d}. \quad (12) \text{ și } (13)$$

Punînd pentru simplificare, paranteza de la numitorul relației de mai sus sub forma:

$$3 + \frac{R_{iz}}{R_R} + \frac{R_{iz}}{R_{iz_0}} = Q$$

și folosind relația (11) se obține:

$$I_R = \frac{U}{\frac{R_R \cdot R_d}{R_{iz}} \cdot Q + R_R}, \quad (14)$$

$$I_d = \frac{U}{R_d}\left(1 - \frac{1}{\frac{R_d}{R_{iz}} \cdot Q + 1}\right). \quad (15)$$

Din relația (14) se determină R_d:

$$R_d = \frac{R_{iz} \cdot (U - R_R I_R)}{R_R \cdot I_R \cdot Q} \quad (16)$$

și înlocuind în (15):

$$I_d = \frac{U \cdot I_R \cdot R_R \cdot Q}{R_{iz}(U - R_R I_R)}\left(1 - \frac{1}{\frac{U - R_R \cdot I_R}{I_R \cdot R_R \cdot Q}\,Q + 1}\right). \quad (17)$$

Simplificînd, se obține:

$$I_d = \frac{I_R R_R Q}{R_{iz}} \text{ sau } I_R = I_d \frac{R_{iz}}{R_R Q}, \quad (18)$$

sau încă:

$$I_d = f(I_R) \text{ și } I_R = F(I_d),$$

respectiv curentul de defect condiționează mărimea curentului ce trece prin releul *1 RC*.

Stabilind acum care sînt curenții I_d prin omul în contact cu faza, care pot fi suportați timp îndelungat de acestea fără pericol de accidentare gravă, se poate determina curentul de demaraj al releului *1 RC* și deci sensibilitatea acestui releu.

Din lucrările executate în diverse laboratoare se constată că curenții alternativi nepericuloși pentru viața omului depind în mare măsură, în afară de alte considerente, de timpul în care omul se găsește sub acțiunea lor.

Astfel [2] [5] s-a constatat că acești curenți alternativi pot fi clasați din punct de vedere citat, în trei categorii:

— curenții cuprinși între 0 și 30 mA care nu sînt periculoși;

— curenții cuprinși între 25 și 80 mA, la care se pot produce perturbații circulatorii;

— curenții cuprinși între 80 și 100 mA, care în general conduc la accidente mortale.

Pornind de la aceste date și de la alte recomandări existente în literatura de specialitate, se poate aprecia că un curent pînă la 40mA

poate fi suportat timp mai îndelungat de corpul omenesc, fără urmări grave. Deci, în cazul studiat se poate admite ca valoare maximă admisibilă pentru curentul I_d valoarea de 40 mA. Peste aceste valori trebuie să se producă deconectarea rapidă (0,1—0,2 s) a rețelei, pentru a se evita electrocutarea.

Pentru a puta aplica relația (18) mai trebuie stabilite valorile de calcul pentru :

— rezistența de izolație a rețelei R_{iz} ;
— rezistența de izolație a conductorului de nul R_{iz0} ;
— rezistența internă a releului *1 RC* + + *2RC* : R_R .

Normele prevăd pentru rețelele de joasă tensiune o rezistență de izolație minimă de 1 000 Ω/V deci pentru o rețea de 380/220 V, acesta trebuie să fie de 220 000 Ω = 220 kV.

În practică, rezistența de izolație a rețelelor este însă mult mai mică și pentru acoperire va fi considerată ca fiind cuprinsă între 5 000 și 20 000 Ω (5 pînă la 20 kΩ).

De asemenea, în cele ce urmează se va lua în considerație și cazul în care rezistența de izolație a conductorului de nul R_{iz0} este chiar mai mică decît aceea a conductoarelor de fază, ajungînd la 20% din acestea.

Rezistența internă a releelor R_R se va considera egală cu 1 000 Ω.

Rezultatele calculelor făcute conform relației (18) cu datele de mai sus sînt notate în tabela 1.

Tabela 1

Rezistența de izolație a fazelor R_{iz}, Ω	Rezistența de izolația a neutrului R_{iz0}, Ω	$\frac{R_{iz0}}{R_{iz}}$,	Curentul I_R prin releul *1 RC*, *A*
20 000	20 000	1	0,033
	10 000	0,5	0,032
	4 000	0,2	0,0286
10 000	10 000	1	0,0285
	5 000	0,5	0,0267
	2 000	0,2	0,0220
5 000	5 000	1	0,0224
	2 500	0,5	0,0220
	1 000	0,2	**0,015**

Din tabela 1 rezultă că dacă se exclude ultimul caz, $I_R = 0{,}015$ A (foarte puțin probabil), releul trebuie să aibă un curent minim de demaraj de ordinul 20 mA, pentru ca rețeaua să fie deconectată cînd prin om trec 40 mA sau mai mult.

Deci, *1 RC* va fi un releu cu curent de demaraj de ordinul 0,020 A și rezistență de circa 1 000 Ω.

În cazul cînd rezistența de izolație a rețelei se poate menține la valori mai ridicate (15 000 — 25 000 Ω) releul *1 RC* poate avea curenți de demaraj și mai mari (0,025 A).

În ceea ce privește curentul de demaraj a releului *2 RC* de blocare a schemei, în cazul unor contacte directe între faze și carcasă, aceasta se determină din următoarele considerente :

Presupunînd, ca mai sus, că rezistența omului nu scade sub 1 000 Ω (valoarea constatată cu ocazia diverselor încercări), rezultă în urma unui calcul acoperitor că, curentul prin releul *2 RC* este :

$$I_R = \frac{220\ \text{V}}{1\,000 + 1\,000} = \frac{220\ \text{V}}{2000\Omega} = 0{,}110\ \text{A},$$

cel mai apropiat curent normalizat fiind cel de 150 mA.

Totodată rezistența releului *2 RC* este neglijabilă, în raport cu a releului *1 RC* (de circa 8 Ω).

Deci, dacă se folosește un releu cu un curent de demaraj de 150 mA, este sigur că acesta nu va bloca schema de protecție în cazurile cînd lucrul nu este de dorit (atingere de către om).

În schimb, acest releu va funcționa pentru contacte directe între fază și carcasă, deoarece rezistențele de trecere, fiind în acest caz mult mai mici decît 1 000 Ω, curentul prin releul *2 RC* va depăși 150 mA.

Concluzii

1. Schema de protecție din figura 6 asigură posibilitatea scoaterii rapide de sub tensiune a omului în cazul atingerii accidentale a unei părți sub tensiune a rețelei sau instalațiilor, ceea ce conduce la micșorarea pericolului de accidentare în asemenea rețele.

2. Schema propusă nu afectează, în nici un caz în mod negativ, funcționarea schemei obișnuite de protecție (cu legare la pămînt conform normativului ICSPM).

3. Pentru a se mării eficiența schemei este recomandabil a se asigura un nivel de izolație cît mai ridicat atît pentru izolația fazelor cît și pentru izolația conductorului neutru (acolo unde există), aceasta din urmă urmînd a fi controlată periodic.

Experimentarea pe viu a schemei propuse este în curs, fiind realizată de Trustul de construcții și montaje energetice cu avizul și în colaborare cu Institutul de cercetări științifice pentru protecția muncii.

Bibliografie

[1] Bender, Walter. *Rețele mici de c.a. cu conductoare de protecție.* Kleine Wechselstromnetze mit Schutzleitungssystemen. În : ETZ—A—1962, Heft, 3.

[2] Löbl, O. *Măsurători asupra intensităților mortale ale curentului electric.* Messungen über die Tödliche Stromstärke. În : ETZ—A—Bd, *80*, p. 97—99.

[3] Siropolko, L. *Securitatea la atingere în rețelele electrice.* Bezpecnost pri dostyku v sitich vn, Elektrotechnicy Ohzor nr. 2, 1962.

[4] * * * Buletin CSCAS nr. 7, 1960.

Curăţarea condensatoarelor de abur de la centrala termoelectrică Paroşeni

VASILE CAPĂŢÎNA şi ALEXANDRU REBREANU * — Paroşeni

1. Importanţa stării curate a condensatoarelor

Dintre toate elementele componente ale instalaţiei de turbine cu abur, starea şi funcţionarea instalaţiei de condensare influenţează în cea mai mare măsură economicitatea turbinei. Pentru turbinele VK—50—1, cu care este echipată centrala termoelectrică Paroşeni, creşterea vidului cu 1% duce la obţinerea suplimentară a 1 500 kW [1] şi la reducerea consumului specific de căldură pe centrală cu 1,2%.

Una din cauzele de înrăutăţire a vidului care apare în exploatare este murdărirea suprafeţei de răcire a condensatorului. În general, murdărirea suprafeţei de răcire se produce în circuitul de apă şi este provocată de calitatea necorespunzătoare a apei de răcire. Aceste depuneri sînt moi, de natură argiloasă, şi într-o cantitate mai mică depuneri tari — piatră. Înrăutăţirea transmiterii de căldură între abur şi apă provocată de stratul de depuneri rău conducătoare de căldură care se formează pe suprafaţa ţevilor provoacă creşterea căderii termice δt, ceea ce duce la creşterea temperaturii aburului evacuat, t_3 după cum rezultă din formula:

$$t_3 = t_1^a + \Delta t^a + \delta t,$$

în care:

Δt_1^a este temperatura apei de răcire la intrare în condensator, °C;

Δt^a — încălzirea apei de răcire în condensator, °C;

δt — căderea termică sau diferenţa dintre temperatura aburului la intrarea în condensator şi temperatura apei de răcire la ieşirea din condensator (t_2^a), °C.

Depunerile interioare provoacă creşterea rezistenţei hidraulice a condensatorului (H), ceea ce antrenează reducerea debitului de apă de răcire (dacă nu se dispune de rezervă în presiune) şi creşterea încălzirii apei de răcire în condensator ($\Delta t^a = t_2^a - t_1^a$).

Formarea pe suprafaţa interioară a ţevilor de condensator cu diametrul interior de 23 mm a unui strat de depuneri de 0,5 mm produce micşorarea secţiunii de trecere a apei cu 9,65% şi micşorarea coeficientului de transmitere a căldurii cu circa 40%, faţă de condensatorul curat, după cum rezultă din cele de mai jos:

Coeficientul de transmitere a căldurii se determină [2] astfel:

$$K = \frac{1}{R} \text{ kcal/m}^2\text{h°C},$$

unde R este rezistenţa termică globală, m²h°C/kcal.

$$R = R_1 + R_p + R_2, \text{ m}^2\text{h°C/kcal},$$

în care:

R_1 este rezistenţa termică de trecere de la apă la peretele ţevii;

R_p — rezistenţa termică a peretelui ţevii;

R_2 — rezistenţa termică de trecere de la peretele ţevii la abur.

Rezistenţa termică a peretelui ţevii curate se determină din relaţia:

$$R_p = \frac{d_2}{2\lambda_p} \ln \frac{d_2}{d_1}, \text{ m}^2\text{h°C/kcal},$$

unde:

d_2 este diametrul interior al ţevii, m;

d_1 — diametrul exterior al ţevii, m;

λ_p — conductivitatea termică a materialului, kcal/mh°C; $\lambda_p = 70-100$ kcal/mh°C, pentru materialul Am 63, la $t = 20$°C.

În cazul depunerilor, rezistenţa termică a peretelui compus din i straturi se determină:

$$R_p = \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i + 1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_i + 1}{d_i}.$$

În cazul suprafeţei curate a condensatorului turbinei VK — 50 — 1, $R_p = 1 \cdot 10^{-5}$ m²h°C/kcal, iar în prezenţa depunerilor de 0,5 mm şi $\lambda_{depuneri} = 2$ kcal/mh°C.

$R_p = 26 \cdot 10^{-5}$ m²h°C/kcal, adică o creştere a rezistenţei termice de 26 ori.

Luînd:

$$R_1 = 22 \cdot 10^{-5}, \text{ m}^2\text{h°C/kcal}$$

şi

$$R_2 = 15 \cdot 10^{-5}, \text{ m}^2\text{h°C/kcal},$$

rezultă în cazul condensatorului curat:

$$R = R_1 + R_p + R_2 (22 + 1 + 15)\, 10^{-5} = 38 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2\text{h° C/kcal}$$

* V. *Căpăţînă* şi A. *Rebreanu* sînt ingineri la C.T.E. — Paroşeni.

și

$$K_I = \frac{I}{R} = \frac{I}{38 \cdot 10^{-5}} = 0{,}053 \cdot 10^{-5} = 2\,680, \text{ kcal/m}^2\text{h°C}.$$

În cazul condensatorului cu depuneri de 0,5 mm se obține

$$R = 63 \cdot 10^{-5}, \text{ m}^2\text{h°C/kcal}$$

și

$$K_{II} = 1\,590, \text{ kcal/m}^2\text{h°C}.$$

Înrăutățirea coeficientului de transmitere a căldurii:

$$\frac{K_I - K_{II}}{K_I} \cdot 100\% = 39{,}5 \sim 40\%.$$

Deci formarea unui strat de depuneri de 0,5 mm în interiorul țevilor condensatorului duce la scăderea vidului atît din cauza scăderii coeficientului de transmisie a căldurii cu circa 40%, cît și din cauza reducerii debitului de apă de răcire cu circa 10%.

2. Metode de curățare folosite la Centrala termoelectrică Paroșeni

La centrala termoelectrică Paroșeni depunerile ce au loc pe țevile condensatoarelor sînt depuneri nămoloase, argiloase, lipicioase, uleioase și într-o măsură foarte mică — urme — — depuneri tari — piatră. Aceste impurități apar în apa rîului Jiu de la Mina și Preparația Lupeni, care sînt situate în amonte de centrală și au un coeficient mic de sedimentare, ceea ce duce la micșorarea eficacității decantorului pentru ele. În schimb au o aderență mare față de țevile condensatorului. Analiza chimică a apei din Jiu este dată în tabela 1.

Tabela 1

1	Aspectul	tulbure
2	Suspensii	0,5—1,0 g/l
3	*p*H	6,7
4	Substanțe organice (consum de Mn)	7—52,5 mg/l
5	Alcalinitatea la proba cu metiloranj	0,6 mg echiv/l
6	Duritatea totală	4° germane
7	SiO_2	8 mg/l
8	Reziduu fix	1,8 mg/l
9	Cloruri	50 mg/l
10	NH_3	2,7 mg/l
11	SO_3Na_2	1,2 mg/l

a) Curățarea chimică cu sodă caustică (NaOH), folosită la început, s-a dovedit puțin eficace și nesatisfăcătoare, întrucît perioada de curățare dura mult, necesita oprirea turbinei și era costisitoare.

b) Curățarea prin metoda pneumatică-hidraulică folosită mult ulterior constă în introducerea în țevile condensatorului cu ajutorul unui dispozitiv a unui amestec de aer și apă cu presiunea de 4 at. Cu ajutorul acestei metode țevile de condensator se curăță bine și este necesară numai reducerea sarcinii de la 50 la 30 MW și izolarea unei jumătăți de condensator. Durata de curățare a unei jumătăți de condensator este de 4—5 h. În afară de neajunsul reducerii de sarcină timp de minimum 10 h, metoda mai are dezavantajul că necesită personal pentru spălare și echipament de protecție: cizme de cauciuc, combinezon de cauciuc și ochelari de protecție.

c) Curățarea condensatoarelor cu bile de cauciuc a fost introdusă la o jumătate de condensator începînd din iunie 1961; descrierea instalației și rezultatele obținute sînt arătate în cele ce urmează.

3. Descrierea instanței de curățare cu bile de cauciuc

3.1. *Schema instalației.* Pentru executarea instalației de curățare a condensatoarelor cu bile s-au utilizat lucrările publicate în literatura sovietică [3] și [4].

În conducta de ieșire a apei din condensator *1* (fig. 1) se montează captatorul de bile *2*. Din

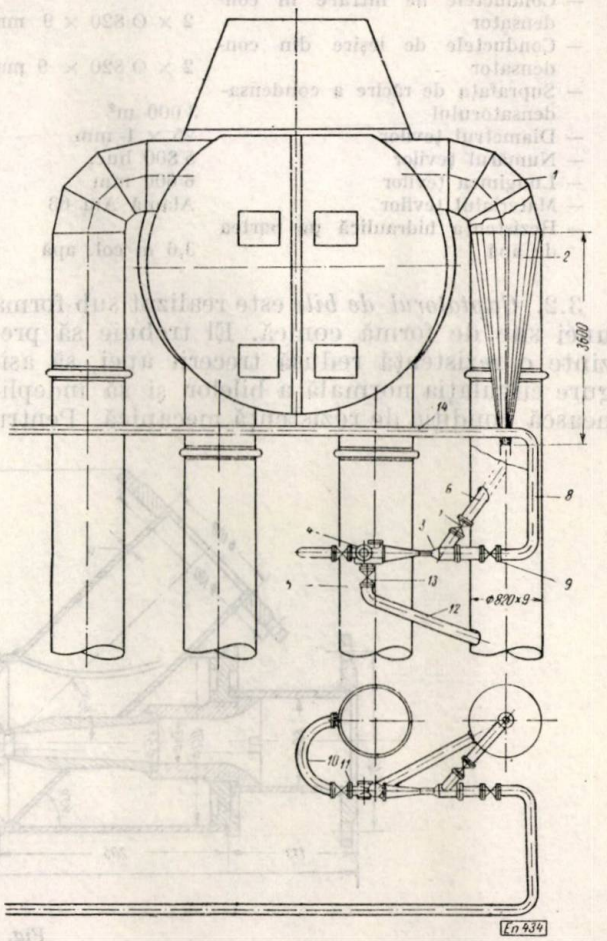


Fig. 1. Schema de montaj a instalației de curățat condensatorul cu bile de cauciuc:

1 — conductă de ieșire din condensator Ø 820 × 9; *2* — captator de bile; *3* — elevator; *4* — camera de încărcare; *5* — conductă de intrare în condensator Ø 820 × 9; *6* — conductă de ieșire a bilelor din cuptor Ø 108 × 4; *7* — vană Ø 100; *8* — conductă de presiune pentru ejector Ø 89 × 4,5; *9* — vană Ø80; *10* — conductă de refulare a ejectorului Ø 133 × 4; *11* — vană Ø 125; *12* — conductă de scurgere Ø 89 × 4,5; *13* — vană Ø 80; *14* — colector Ø 133 × 4.

captatorul de bile, cu ajutorul elevatorului *3*, bilele sînt dirijate prin camera de încărcare *4*, în conducta de intrare a apei în condensator *5*. Antrenate de fluxul de apă bilele trec prin țevile condensatorului, curățindu-le de depuneri, și apoi ajung în captator.

La Centrala termoelectrică Paroșeni alimentarea cu apă de răcire a condensatoarelor este realizată prin cădere liberă. Pompele de circulație ridică apa, după ieșirea din condensatoare, la turnurile de răcire.

Caracteristicile tehnice ale condensatorului sînt :

— Tipul	50 KTS-3
— Numărul de căi pe partea de apă	2
— Numărul de compartimente cu funcționare independentă	2
— Debitul de apă de răcire pe condensator	8 000 m³/h
— Presiunea apei la intrare în condensator	1,4 ata
— Depresiunea pe conductele de ieșire din condensator în punctul de captare a bilelor	0,85 ata
— Conductele de intrare în condensator	2 × Ø 820 × 9 mm
— Conductele de ieșire din condensator	2 × Ø 820 × 9 mm
— Suprafața de răcire a condensadensatorului	3 000 m²
— Diametrul țevilor	25 × 1 mm
— Numărul țevilor	5 800 buc.
— Lungimea țevilor	6 600 mm
— Materialul țevilor	Alamă Am 63
— Rezistența hidraulică pe partea de apă	3,6 m col. apă

3.2. *Captatorul de bile* este realizat sub forma unei site de formă conică. El trebuie să prezinte o rezistență redusă trecerii apei, să asigure circulația normală a bilelor și să îndeplinească condiția de rezistență mecanică. Pentru a micșora rezistența de trecere a apei, secțiunea totală a fantelor s-a ales de 3,5 ori mai mare decît secțiunea de trecere a conductei de ieșire din condensator.

O rezistență ridicată poate duce la reducerea însemnată a debitului de apă de răcire și la reținerea bilelor pe suprafața conului. Pentru asigurarea sarcinii uniforme pe captatorul de bile, acesta se instalează pe porțiunea verticală a conductei de ieșire din condensator.

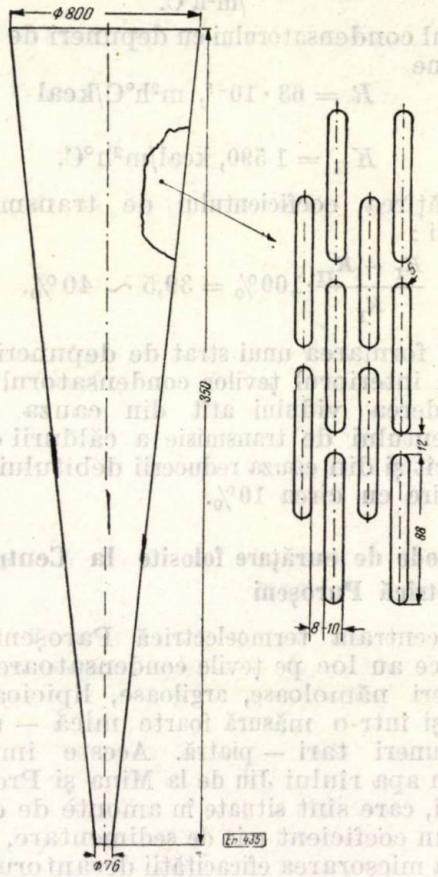


Fig. 2. Captator de bile.

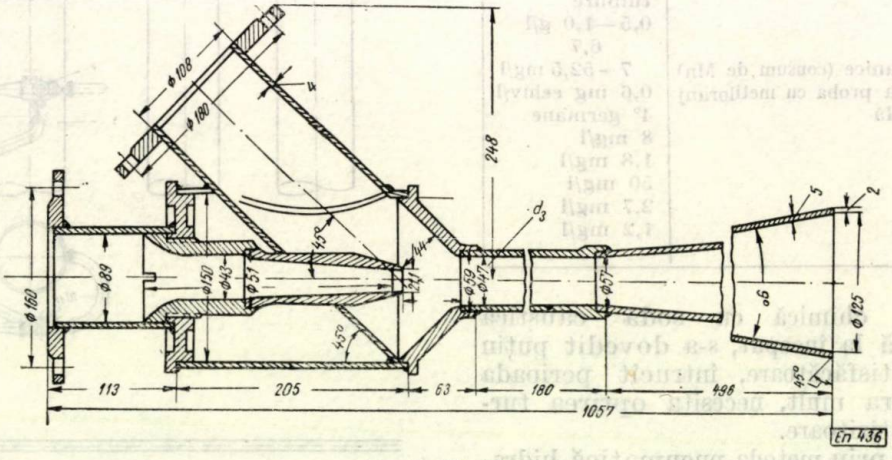


Fig. 3. Elevator.

Captatorul de bile se confecționează din tablă OL-38 și $\delta = 6$ mm. Fantele, pentru

trecerea apei, se execută prin ștanțare. Lățimea fantei este egală cu raza bilei de cauciuc (10 mm), iar lungimea ei este de 88 mm; distanța între două fante este de 18 mm.

Detaliul de construcție a captatorului se vede în figura 2.

Coaxialitatea elementelor elevatorului este o condiție de bază pentru buna lui funcționare. Pentru determinarea dimensiunilor constructive ale elevatorului s-a utilizat nomograma [3] reprezentată în figura 4.

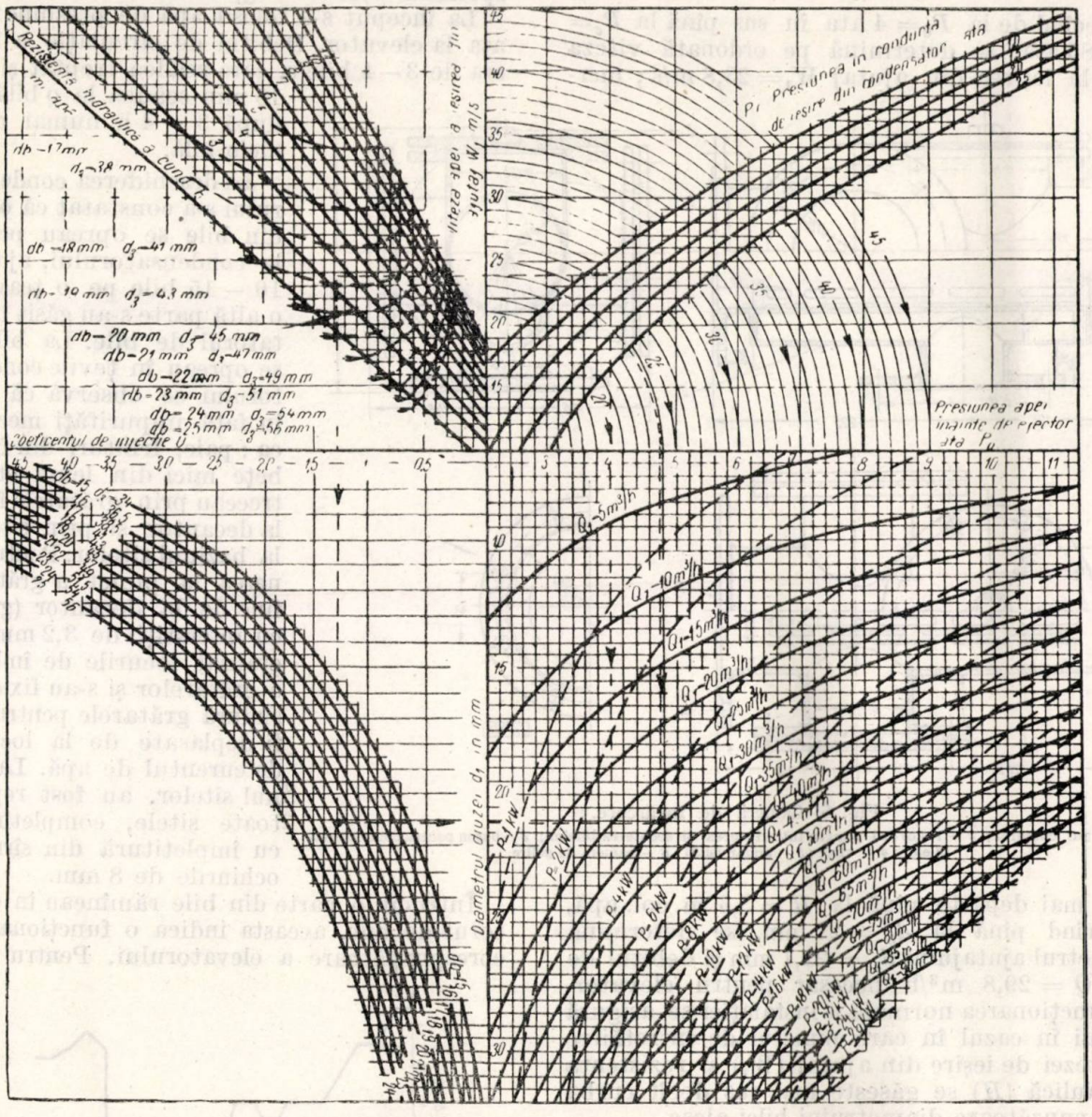


Fig. 4. Nomogramă pentru determinarea diametrului duzei ejectorului (După revista sovietică „Centrale electrice" nr. 3, 1961).

Pentru protejare, captatorul de bile se vopsește pe suprafața interioară și exterioară cu un strat de miniu de plumb și apoi se bitumează.

3.3. *Elevatorul.* Construcția lui se vede în figura 3. Presiunea la ieșirea din difuzor trebuie să depășească cu 1 m rezistența col. apă hidraulică a condensatorului. Elevatorul trebuie să creeze pe conducta de ieșire din cuptoarele de bile o viteză de cel puțin 1 m/s, necesară pentru antrenarea în condiții normale a bilelor.

Elementele necesare pentru utilizarea nomogramei sînt:

— presiunea de lucru a apei înaintea duzei (P_0, ata);
— rezistența hidraulică a condensatorului (H, m col. apă);
— presiunea în conducta de ieșire din condensator în locul de ieșire a bilelor (P_c, ata);
— diametrul bilei de cauciuc (d_b, mm).

Diametrul bilei de cauciuc se alege cu 2 mm mai mic decît diametrul interior al țevilor de condensator ($d_b = d_i - 2$ mm), iar $d_3 = 2{,}15\ d_b + 2$ mm.

Se dă exemplul de calcul cu datele de la Centrala termoelectrică Paroşeni :

$P_0 = 4$ ata
$P_c = 0{,}85$ ata
$d_b = 21\ 21$ mm
$H = 3 = 3{,}6$ m cl. apă.

Plecînd de la $P_0 = 4$ ata în sus pînă la $P_c = 0{,}85$ ata, se determină pe ordonată viteza apei la ieşirea din ajutaj $W_1 = 23{,}8$ m/s ; mergînd mai departe pînă la $H = 3{,}6$ m col. apă, coborînd pînă la $d_b = 21$ mm, se determină diametrul ajutajului $d_1 = 21{,}1$ mm şi debitul de apă $Q = 29{,}8$ m³/h necesar pentru elevator.

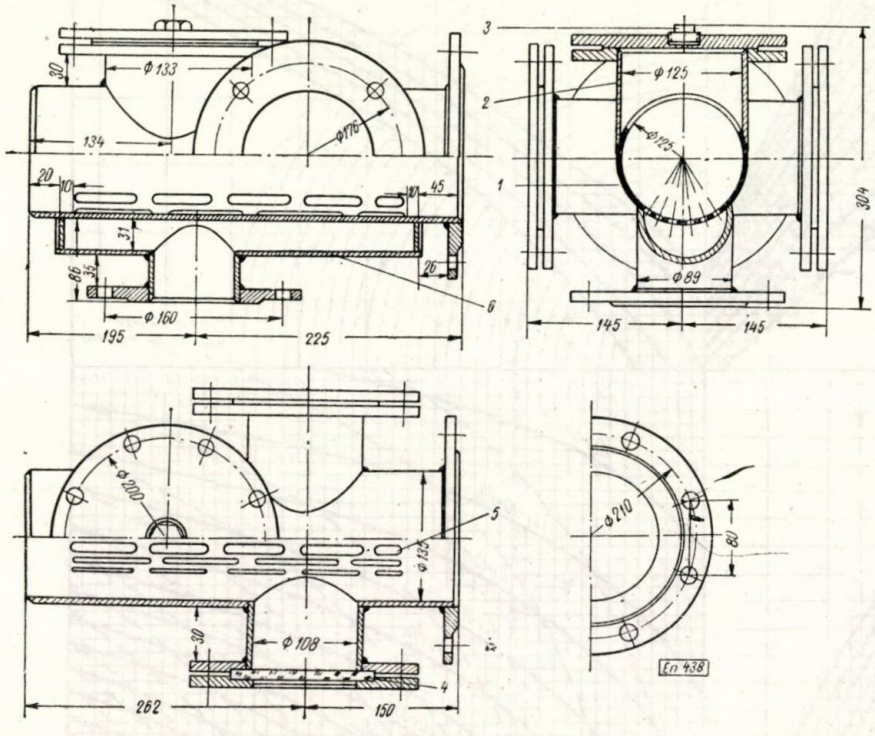


Fig. 5. Camera de încărcare. :
1 – corpul camerei ; *2* – racordul pentru introducerea şi scoaterea bilelor ; *3* – buşon pentru completarea bilelor ; *4* – vizor ; *5* – grătar (sită) ; *6* – camera de golire

Funcţionarea normală a instalaţiei se asigură numai în cazul în care punctul de întreţăiere a vitezei de ieşire din ajutaj (W_1) şi rezistenţa hidraulică (H) se găseşte mai sus decît curba corespunzătoare diametrului bilei alese.

3.4. *Camera de încărcare.* Pentru introducerea şi scoaterea bilelor este prevăzută camera de încărcare (fig. 5). Volumul ei este de circa 3 500 cm³ şi în ea intră 500 bile cu diametrul de 21 mm.

În corpul camerei de încărcare sînt prevăzute două vizoare din sticlă organică pentru urmărirea circulaţiei bilelor.

4. Exploatarea instalaţiei

Instalaţia de curăţat condensatorul cu bile de cauciuc s-a realizat la o jumătate de condensator în luna iunie 1961 cu ocazia reparaţiilor planificate ale grupului. Înainte de punerea ei în funcţiune s-au curăţat ţevile de condensator prin metoda pneumatică-hidraulică. S-au introdus în camera de încărcare bilele de cauciuc ($d_b = 21$ mm) în număr de 20 % din numărul ţevilor de condensator [4]. Bilele au greutatea specifică 0,95 – 1,2 g/cm³.

La început s-a folosit apă de presiune 2,8–3 ata la elevator. Debitul de circulaţie a bilelor era de 3–4 bile/s, care scădea treptat şi după 15 min scădea la o bilă/s, iar după 3 – 4 h numai circula nicio bilă.

La deschiderea condensatorului s-a constatat că o parte din bile se opreau pe ţevile condensatorului, ajungînd 10 – 15 bile pe o ţeavă, iar o altă parte s-au găsit în captatorul de bile. La bilele ce se opreau în ţevile condensatorului se observa că aveau în faţă impurităţi mecanice, ca : paie, frînturi din frunze, beţe mici din lemn etc., ce treceau prin grătarele fine de la decantor şi prin sitele de la bazinul sitelor. Pentru punerea la punct a grătarelor fine de la decantor (grătare cu interstiţii de 3,2 mm) s-au etanşat locurile de îmbinare a grătarelor şi s-au fixat prin sudură grătarele pentru a nu fi deplasate de la locul lor de curentul de apă. La bazinul sitelor, au fost reparate toate sitele, completîndu-se cu împletitură din sîrmă cu ochiurile de 8 mm.

Întrucît o parte din bile rămîneau în captatorul de bile, aceasta indica o funcţionare necorespunzătoare a elevatorului. Pentru remedierea acestui neajuns s-a trecut la alimentarea lui cu apă la presiunea de 4–4,2 ata.

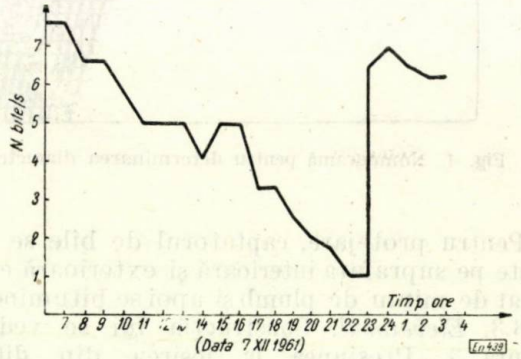


Fig. 6. Grafic de circulaţie a bilelor.

La punerea în funcţiune după executarea lucrărilor arătate mai sus (fig. 6), instalaţia a func-

ţionat mulţumitor, însă se observa după circa 8 h de funcţionare că debitul de circulaţie a bilelor scădea sub o bilă/s şi creştea la 5—6 bile/s în urma închiderii vanei de ieşire din condensator pînă la 1/2 din cursă. Aceasta se datoreşte dife-

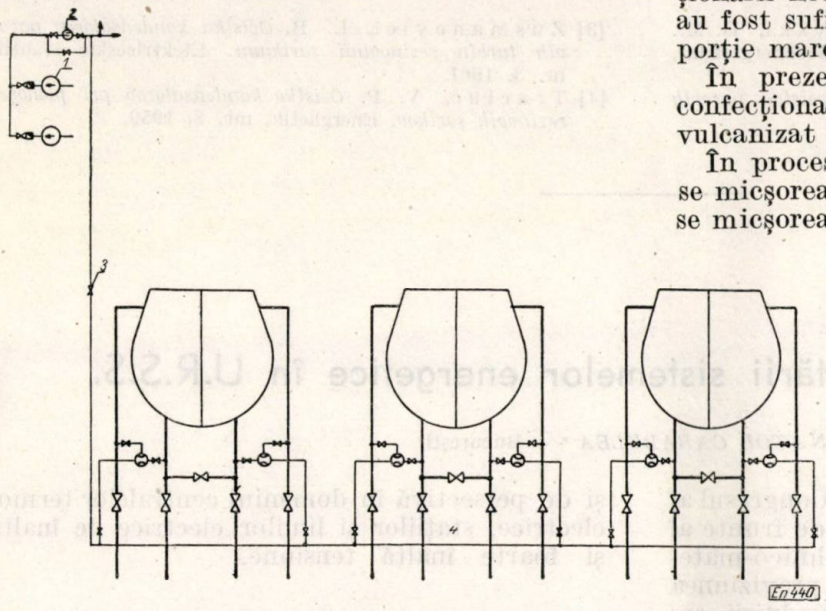


Fig. 7. Schema de curăţat condensatoare cu bile de cauciuc :
1 — pompa de răcire lagăre ; *2* — filtru de apă ; *3* — vana Ø 125 ; *4* — colector Ø 133 × 4.

renţei de presiune pe captatorul de bile, ceea ce duce la reţinerea a o parte din bile pe suprafaţa lui.

Prin închiderea parţială a vanei, diferenţa de presiune de pe captator se reduce şi bilele reîncep să circule cu un debit de peste 6 bile/s.

Timpul necesar pentru strangularea vanei este de 2 min. Pentru micşorarea rezistenţei captatorului este necesar ca secţiunea de trecere să fie mărită de peste 3,5 ori faţă de secţiunea de trecere a conductei de ieşire din condensator, ceea ce se poate realiza în cazul cînd spaţiul nu mai permite, în lungime, prin executarea captatorului de bile pe prima porţiune sub formă de trunchi de con şi pe porţiunea doua sub formă de con.

O altă deficienţă apărută după circa două luni de funcţionare constă în faptul că bilele de cauciuc au început să se lipească una de alta formînd ciorchini de circa 10—15 bile. Această deficienţă a apărut ca o consecinţă a confecţionării necorespunzătoare a bilelor. Bilele nu au fost suficient vulcanizate şi au avut o proporţie mare de cauciuc natural.

În prezent instalaţia funcţionează cu bile confecţionate din plastic negru, în atelierul de vulcanizat al centralei.

În procesul de funcţionare, diametrul bilelor se micşorează ; bilele uzate , al căror diametru se micşorează cu 4 mm, trebuie înlocuite.

Funcţionarea instalaţiei de curăţat condensatoare cu bile de cauciuc se consideră bună dacă prin vizoarele camerei de încărcare se observă un debit de circulaţie de 4—5 bile/s, la care practic depunerile pe ţevi dispar. Controlul se face periodic prin deschiderea condensatorului, controlînd ţevile şi prin urmărirea căderii termice.

Pentru evitarea pierderii bilelor trebuie montate site pe conducta de golire şi aerisire a condensatorului.

5. Efectul economic

Din analiza comparativă a funcţionării condensatorului TA-3, care se dă în tabela 2, în aceleaşi condiţii de funcţionare, rezulă o reducere a temperaturii aburului evacut $\Delta t_3 = t_3^{I} - t_3^{II} = 3{,}07\,°C$, adică o creştere a vidului cu 0,75 %.

Prin introducerea curăţirii condensatoarelor cu bile de cauciuc la toate turbinele se va obţine o creştere a producţiei de energie electrică de circa 10 000 000 kWh pe an.

Investiţiile de circa 22 000 lei pentru un condensator se amortizează în circa două luni prin efectul economic şi reducerea cheltuielilor de exploatare.

Exploatarea instalaţiei este simplă

Avînd în vedere efectul economic obţinut la curăţarea cu bile de cauciuc la condensatorul

Tabela 2

I. Funcţionarea condensatorului TA-3 în 1961 ră instalaţie de curăţat cu bile de cauciuc	$W_{apă}$ m³/h	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400
	N MW	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	t_1^a°C	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	t_3°C	32,5	32,0	31,2	31,0	30,0	32,0	31,0	32,0	30,0	33,0
	$t_{3\,med}$°C					31,47					
II. Funcţionarea condensatorului TA-3 în 1962 dotat cu instalaţii de curăţat cu bile de cauciuc	$W_{apă}$ m³/h	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400	8 400
	N MW	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	t_1^a°C	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	t_3°C	28,0	30,0	28,0	28,0	28,5	28,0	29,0	28,5	28,0	28,0
	$t_{3\,med}$°C					28,4					

TA-3, precum și celelalte avantaje, în prezent se execută extinderea acestei metode la toate turbinele.

Alimentarea cu apă a elevatoarelor se realizează de la pompele de răcire, lagăre (fig. 7), care în prezent nu sînt încărcate la nominal.

Bibliografie

[1] Samoilovici, G. S. și Troianovski, B. M.. *Peremenii rejim rabotî parovih turbin.* Gosenergoizdat, Moskva, 1955.

[2] Bliudov, V. P. *Kondensaționnie ustroistva parovih turbin.* Gosenergoizdat, Moskva, 1951.

[3] Zusmanovici, L. B, *Ocistka kondensatorov parovih turbin rezinovimi sarikami.* Elektriceskie stanții, nr. 3, 1961.

[4] Traciuc, V. P. *Ocistka kondensatorov pri pomoșci rezinovih șarikov.* Energhetik, mr. 8, 1959.

ENERGETICA PESTE HOTARE

Aspecte ale dezvoltării sistemelor energetice în U.R.S.S.

ANATOL CARABULEA * — București

Programul P.C.U.S., prezentat la Congresul al XXII-lea, scoate în evidență rolul de frunte al electrificării în construirea bazei tehnico-materiale a comunismului și subliniază previziunea marelui Lenin că „pe temelia orînduirii sovietice electrificarea va făuri victoria definitivă a bazelor comunismului". De aceea electrificarea trebuie să meragă cu un pas înaintea celorlalte ramuri industriale. În acest scop planul de electrificare a Uniunii Sovietice prevede, printre altele, și sporirea în primii 10 ani de circa 3 ori a gradului de înzestrare cu energie electrică a muncii în industrie, electrificarea masivă a transporturilor, introducerea electrificării în agricultură, în viața de toate zilele la orașe și sate, în scopul sporirii productivității muncii, ușurării activității practice și creșterii nivelului de trai. În al doilea deceniu al perioadei 1961—1980, electrificarea Uniunii Sovietice va fi în linii mari terminată.Pentru îndeplinirea acestui măreț scop se vor produce la sfîrșitul anului 1970 circa 900 — 1 000 TWh, iar la sfîrșitul anului 1980 circa 2 700—3 000 TWh. Producția de energie electrică pe cap de locuitor va fi în jurul anului 1980 de circa 9 000—10 000 kWh. Aceasta necesită înfăptuirea unui vast program de construcții energetice centrale, stații și rețele electrice, și impune dezvoltarea considerabilă a sistemelor energetice. Se va forma un sistem energetic unic al părții europene a Uniunii Sovietice care se va interconecta cu sistemul energetic siberian, formînd cel mai puternic și cel mai întins sistem energetic din lume.

În cele ce urmează se vor prezenta unele aspecte privind dezvoltarea sistemelor energetice ale Uniunii Sovietice și se va arăta nivelul actual și de persectivă în domeniul centralelor termoelectrice, stațiilor și liniilor electrice de înaltă și foarte înaltă tensiune.

1. Dinamica puterilor instalate și a necesarului de energie electrică

Ideea leninistă a electrificării a prins viață prin elaborarea planului „GOELRO" care prevedea sporirea producției de energie electrică la 8,8 TWh. Acest măreț plan a fost îndeplinit în U.R.S.S. înainte de termen (1931), ceea ce a făcut ca încă din anul 1947 Uniunea Sovietică să se situeze pe primul loc în Europa și pe al doilea loc în lume în ceea ce privește producția de energie electrică. În 1959, în U.R.S.S. nivelul producției de energie electrică a depășit de 136 ori pe cel realizat în anul 1913, pe cînd în S.U.A., pe aceeași perioadă, creșterea a fost de numai 31,2 ori, în Anglia de 25,4 ori, în Italia de 20,9 ori. În decursul septenalului vor fi date în exploatare centrale cu o putere de 60 000MW, mai mult decît s-a instalat în cei 41 ani ai puterii sovietice.

Dinamica puterii instalate și a necesarului de energie electrică pe perioada (1913—1980) se dă în tabela 1.

În fața energeticienilor sovietici stă sarcina ca, încă în acest septenal, să termine electrificarea tuturor colhozurilor. Pe baza electrificării se va dezvolta mecanizarea complexă a transporturilor și va crește consumul de energie electrică în gospodăriile sătești de la 10 TWh cît era în 1960 la 150 TWh în 1980. Aceasta va crea condiții pentru creșterea producției și a productivității muncii, apropiind mult satul de oraș.

În 1980 în U.R.S.S. se va produce cu 9,2—10,3 mai multă energie electrică ca în 1960,

* Ing. *A. Carabulea* este asistent la Institutul politehnic București

Tabela 1

Anul	1913	1928	1932	1937	1940	1945	1950	1955	1956	1969	1965	1970	1980
Puterea instalată totală, MW	1 098	1 905	4 677	8 235	11 193	11 124	19 614	37 266	42 800	66 700	74 000	190—210.10³	540—600.10³
din care în CTE, MW	1 082	1 784	4 173	7 191	9 606	9 872	16 392	31 277	34 430	52 000	69 200	162—176.10³	305 000—450 000
Energie totală produsă, TWh	1,945	5,01	13,54	36,18	48,31	43,26	91,23	170,22	192	292,3	520	900—1 000	2 700— 3 000
din care în CTE, TWh	1,92	4,57	12,72	31,98	43,19	38,41	78,53	147	162,95	231,7	430	720— 800	2 000— 2 400

adică de 1,5 ori mai mult decît se produce în prezent în toate celelalte țări ale lumii luate la un loc, ceea ce reclamă creșterea puterii instalate cu 12—13 GW anual la sfîrșitul septenalului, cu 20—25 GW anual către anul 1970 și cu 45—50 GW anual către anul 1980. Către sfîrșitul perioadei de 20 de ani ritmul de creștere a puterii instalate va fi accelerat, astfel încît la fiecare cinci zile se vor da în exploatare unități energetice cu puteri de circa 600 MW. În anul 1960 în S.U.A. puterea instalată în centrale electrice era de 185 000 MW, iar producția de energie electrică de 845 TWh. Socotind un ritm de creștere a producției de energie electrică de circa 5—7,5% rezultă că în 1980 S.U.A. va produce circa 1 690—2 100 TWh și va avea un sistem energetic cu o putere instalată de 370 000—450 000 MW. Din datele prezentate rezultă că la sfîrșitul perioadei de 20 ani Uniunea Sovietică va ajunge și va depăți S.U.A. nu numai în ceea ce privește volumul producției de energie electrică ci și în ceea ce privește numărul de kWh pe cap de locuitor. Înzestrarea muncii cu energie calculată pe cap de om și oră de lucru va fi în 1980 de 36 kWh, față de 14 kWh cît are în prezent S.U.A. Vor crește utilizările casnice ale energiei electrice, ajungîndu-se ca în 1980 să se consume 500—550 TWh față de 20 TWh cît era în 1960. Aceasta va face ca Uniunea Sovietică să aibă cel mai ridicat nivel de trai din lume.

2. Realizări și perspective în domeniul centralelor termoelectrice

Planul „GOELRO" prevedea construirea a 20 centrale termoelectrice, însumînd o putere de 1 110 MW, cu grupuri de 10,25 și 50 MW. În cadrul realizării planului au fost date în exploatare centralele „Octombrie roșu" din Leningrad, Kașira, Sterovsk, Gorikovsk ș. a., care utilizau drept combustibil cărbune. În 1924, Uzina metalurgică din Leningrad a terminat prima turbină de 2 MW, iar apoi a realizat turbine de 10 MW în 1926, de 24 MW în 1931 și de 50 MW în 1931. În 1928, uzina „Elektrosila" a produs generatoare bipolare de puteri de 300—16 000 kW, fabricînd apoi în 1930 generatorul pentru turbina de 24 MW și în 1931 primul turbogenerator de 50 MW. Între 1931—1940, a fost dată în exploatare o serie de centrale termoelectrice cu puteri de 150—200 MW, cu agregate de 25 și 50 MW, 29 ata și 450°C. În 1940, la două centrale termoelectrice, au fost instalate turbine de 100 MW. În perioada 1940—1945 a fost instalată o serie de grupuri de 25,50 și 100 MW, 100 ata și 500°C, iar în anul 1946 a fost construită prima centrală de 300 MW. Pînă la 1956, puterea centralelor termoelectrice a crescut treptat, ajungînd la 400—600 MW. În 1953, a fost dat în exploatare C.T.E. Cerepeț, cu turbine de 150 MW

și cazane de 240 t/h, 170 ata și 560°C. În 1960 s-a terminat montajul primului grup de 150 MW la o centrală termoelectrică descoperită din Baku. Tot în cursul aceluiaș an s-au dat în exploatare peste 10 centrale termoelectrice de 600 — 1 800 MW, cu turbine de 150 MW și 200 MW. Numărul grupurilor instalate în centrale pînă în 1965 va fi de circa 120, dintre care 40 cu o putere de 300 MW. Primul grup de 300 MW, 240 ata și 580°C, a fost dat în exploatare în anul 1960. În prezent sînt în stadiu avansat lucrările pentru grupurile de 500 MWși 600 MW și s-a început proiectarea unor grupuri de mare putere de 800 MW și 1 000 MW.

Pentru grupul turbogenerator de 1 000 MW la 3 000 rot/min, 240 ata și 580°C, calculele arată că în comparație cu turbina de 150 MW, această turbină gigantică va avea un consum specific cu 8,2% mai mic.

În perioada 1961—1980 se vor monta în U.R.S.S. peste 700 turbogeneratoare cu puteri cuprinse între 100—1 000 MW. Asemenea grupuri vor forma baza dezvoltării centralelor termoelectrice de mare putere. În ceea ce privește centralele de termoficare, pînă la sfîrșitul planului septenal se vor construi în U.R.S.S. circa 211 unități, însumînd o putere de 50 000 MW. Programul P.C.U.S. prevede ca în decurs de 20 de ani să se construiască 260 centrale de termoficare mari și 200 centrale termoelectrice raionale cu putere de 3 000 MW. Prin folosirea combustibilului din bazinul Kansk-Acinsk se va crea posibilitatea alimentării a două centrale termoelectrice supraputernice și de mare economicitate. Fiecare din aceste centrale care se vor construi în regiunile Krasnoiarsk-Itat-Bogotol și Kansk-Taișet-Irșa-Borodino va avea o putere de peste 4 000 MW. Puternice termocentrale vor fi construite și în regiunea centrală de cernoziom a părții europene a Uniunii Sovietice, spre sud și spre nord de Moscova, în Ucraina în regiunea Kiev, Kirovgrad și Nikolaev, în Donbas, în Letonia, în Bielorusia. Din numărul total de 165 centrale electrice proiectate și care urmează a se construi în partea europeană a Uniunii Sovietice 116 vor fi cu condensație.La sfîrșitul perioadei 1865—1970 și mai ales în jurul anului 1980 va funcționa o serie de centrale termoelectrice de mare putere 2 400—5 000 MW avînd grupuri de 300, 500, 800 și chiar 1 000 MW. Cazanele folosite la aceste centrale vor fi de 950—2 000 t/h. Aburul va avea parametri de 240—300 ata și 565—650°C.

Principalele linii de dezvoltare a centralelor termoelectrice în U.R.S.S. în anii următori sînt :

— mărirea puterii centralelor termoeletrice ;
— instalarea turbogeneratoarelor mari de 300—1 000 MW ;
— folosirea parametrilor foarte înalți, 240—300 ata și 565—660°C ;
— utilizarea supraîncălzirii intermediare a aburului ;
— trecerea de la scheme-bloc două cazane, o turbină la schema-bloc cazan-turbină ;
— folosirea construcțiilor din ansambluri prefabricate ;
— introducerea automatizării complexe și reducerea personalului de deservire ;
— modernizarea instalațiilor din centrale ;
— aplicarea termoficării ;
— construirea de centrale electrice descoperite și semidescoperite.

În figura 1 este prezentată vederea generală a unei centrale termoelectrice de 2 400 MW. În figura 2 se prezintă vederea generală a unei centrale termoelectrice de 1 200 MW.

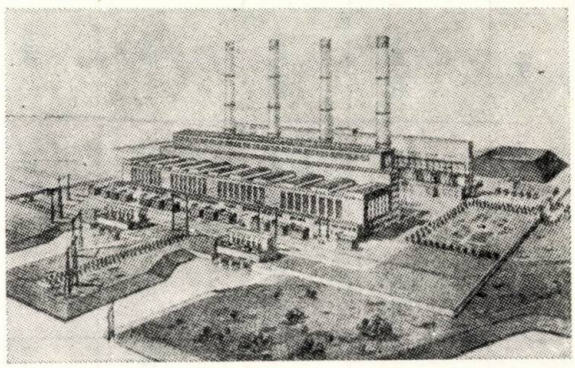
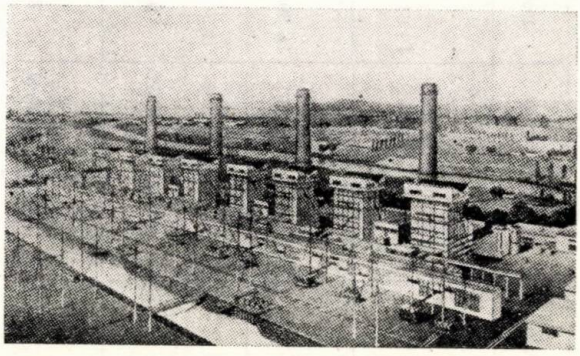


Fig. 1. Vedere generală a unei centrale termoelectrice de 2 400 MW.



[Fig. 2. Vedere generală a unei centrale termoelectrice descoperită de 1 200 MW.

Rezumînd cele expuse, din tabela 2 rezultă tipurile de centrale termoelectrice existente și care se vor construi în U.R.S.S. în anii care vin.

3. Aspecte privind dezvoltarea stațiilor electrice

Este prevăzut ca în cursul planului septenat să se construiască peste 7 000 de stații electrice, din care 4 500 stații de 35 kV și peste 2 500 stații de 110 kV. De asemenea se va construi o serie de stații de 220, 330 și 500 kV care vor lega între ele sistemele energetice raionale și regionale. Pentru a se putea trece la electrificarea masivă a regiunilor rurale

Tabela 2

Puterea centralelor, MW	Puterea și numărul turbinelor, MW	Parametrii aburului	Observații
100÷ 400	50 (2—8)	90 ata 535°C	
200÷8 800	100 (2—8)	90 ata 535°C 130 ata 565/565°C	în exploatare
300÷1 200	150 (2—8)	130 ata 565/565°C	
400÷1 600	200 (2—8)	130 ata, 565/565°C	
600÷2 400	300 (2—8)	240 ata, 580/565°C	în construcție
1 200—3 600	600 (2—6)	240 ata, 580/565°C	
3 600÷5 000	800—1000 (4—5)	300 ata, 650°C	în proiectare

se vor construi peste 200 000 stații la consumatori cu rapoartele de transformare de 10/0,44 kV.

Realizarea acestor sarcini necesită dezvoltarea corespunzătoare a producției de aparataj electrotehnic, care în 1965 va depăși de 2,5 ori nivelul atins în 1960. Pe linia îmbunătățirii calității și a simplificării aparatelor electrice în U.R.S.S. s-a obținut o serie de realizări din care se menționează: transformatoare și autotransformatoare de 450 MVA la 500 kV, întreruptoare în aer și ulei de 500 kV cu o putere de rupere de 10 000—20 000 MVA. Se preconizează construirea unor transformatoare de 800 MW trifazate și de 2 000 MW în unități monofazate și a unor întreruptoare cu puteri de rupere de 25 000—50 000 MVA de 500 kV. Pînă în 1965 se vor construi autotransformatoare de 900 MVA de 500 kV. Datorită, pe de o parte, sporirii puterii de aproape două ori la aceeași greutate și reducerii pierderilor de putere, pe de altă parte, există posibilitatea ca autotransformatoarele să fie cuplate bloc cu linia de 500 kV, cînd puterea naturală a liniei este egală cu puterea transformatorului. La puteri mai mari ca cea naturală, se impune instalarea pe linie a două transformatoare, care să preia circa 65—70% din sarcina stației. Pentru reducerea prețului de cost a părții de construcție a stațiilor și pentru scurtarea termenelor de execuție se preconizează o serie de măsuri, printre care se menționează utilizarea prefabricatelor pentru marea majoritate a elementelor din stații. Aceasta permite folosirea pentru portalurile stațiilor a tuburilor executate în aceeași formă ca și la linii electrice. Executarea canalurilor pentru cabluri în jgheaburi de beton armat permite pozarea lor direct în pămînt. Suporturile și fundațiile din beton armat ale aparatelor se pot introduce în pămînt dacă condițiile geologice o permit, fără a se face săpături adînci, ceea ce reprezintă soluția cea mai economică.

Întrucît la fiecare centrală electrică de mare putere de 2 400—5 000 MW vor exista stații electrice de 500 kV și ele vor forma punctele nodale în legarea sistemelor energetice, se va arăta pe scurt structura și schema stației Sverdlovsk, în care se vor uni sistemele energetice ale Siberiei și cele ale părții europene ale Uniunii Sovietice. Construcția stației Sverdlovsk de 500 kV, începută în 1959, a rezultat din extinderea stației de 220/120/11 kV, din care s-a păstrat doar tensiunea de 220 kV, adoptîndu-se în locul celorlalte, tensiunile de 500 și 35 kV. Stația este echipată cu două grupuri trifazate de autotransformatoare monofazate 500/242/ /38,5 kV cu puterile de 405/405/180 MW (3 × × 135/3 × 135/3 × 60). Reglajul tensiunii la autotransformator se realizează în 22 de trepte cu ±6%. Legarea liniilor la barele de 500 kV se face prin două întreruptoare cu ulei mult, iar cea a transformatoarelor fără întreruptor. Pentru prima dată s-a prevăzut o schemă bloc linie transformator cu un singur întreruptor MKP-500. Schema de principiu a stației Sverdlovsk de 500 kV poate fi urmărită pe figura 3.

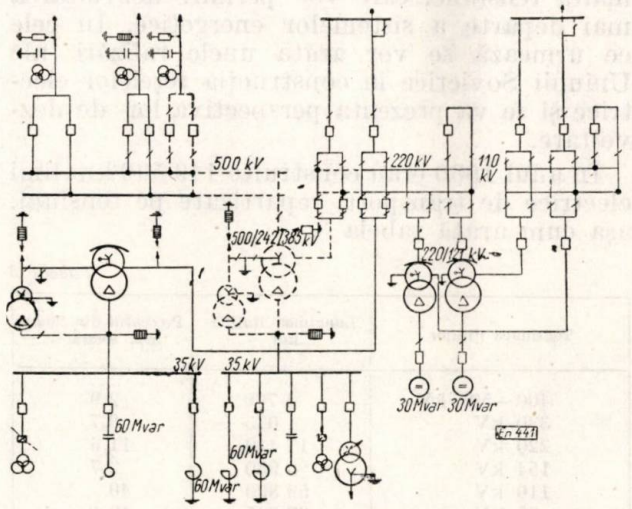


Fig. 3. Schemă de principiu a stației electrice de 500 kV Sverdlovsk.

Întreruptoarele cu ulei mult de 500 kV sînt unicate în tehnica mondială.

Trecîndu-se la construcția și extinderea stațiilor electrice de 500 kV, Uniunea Sovietică a înregistrat mari succese mai ales în privința asimilării aparaturii corespunzătoare noului nivel de tensiune. Stațiile de 500 kV sînt de tip exterior, cu bare flexibile ASO—480. Fiecare fază este compusă din trei conductoare. Datorită realizării în U.R.S.S. a conductoarelor de aluminiu, AP—500, fiecare fază va fi fo-

mată din două asemenea conductoare. Distanța între faze este de 6,5—7 m, iar deschiderea celulei 28 m. Lungimea celulei de linie, a cărei secțiune se dă în figura 4, este de 161 m.

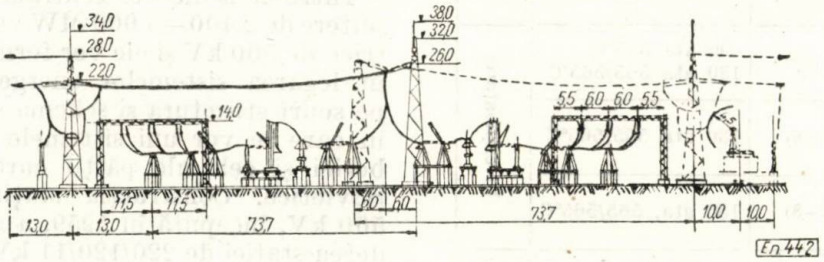


Fig. 4. Secțiune prin stația de 500 kV realizată pe cadre de beton armat.

Acest tip nou de celulă va fi utilizat în stațiile de 500 kV, a căror construcție este în plină desfășurare, deoarece aduce economii la partea de construcții de circa 20%.

4. Tendințe în dezvoltarea rețelelor electrice de înaltă tensiune

Electrificarea în linii mari a U.R.S.S. în decursul celor 20 de ani presupune și construirea unor vaste rețele de joasă, medie și înaltă tensiune, care vor permite dezvoltarea mai departe a sistemelor energetice. În cele ce urmează se vor arăta unele ralizări ale Uniunii Sovietice în construcția rețelelor electrice și se va prezenta perspectiva lor de dezvoltare.

În anul 1960 erau construite 149 500 km linii electrice de transport, repartizate pe tensiuni, așa cum arată tabela 3.

Tabela 3

Tensiunea liniilor	Lungimea liniilor km	Procentul din lungimea totală, %
400—500 kV	4 700	2,9
330 kV	1 075	0,7
220 kV	17 410	11,6
154 kV	3 950	2,7
110 kV	59 800	40
35 kV	62 645	42,1

Lungimea rețelelor electrice de 35—500 kV va crește pînă în 1965 de 2,5—3 ori. Se vor construi 212 000 km de linii electrice de 35 — 500kV repartizate pe tensiuni așa cum arată tabela 4.

Dacă în anul 1959 s-au dat în exploatare circa 21 000 km linii electrice de transport, pînă în 1965 se vor construi un număr sporit de linii astfel încît media pe an să fie de cel puțin 30 000 km. Pînă în 1980 vor fi construite peste 7 000 000 km rețele electrice de diverse tensiuni și diverse utilizări. Paralel cu construirea unor linii de transport se va intensifica electrificarea căilor ferate. După terminarea electrificării liniei ferate Moscova-Baikal de 5 530 km, lungimea căilor ferate electrificate în U.R.S.S. a atins 14 500 km. Se menționează că în S.U.A. lungimea căilor ferate electrificate nu depășește 4 000 km, iar lungimea liniilor de 110 kV nu depășește 10 000 km.

În cursul septenalului, în U.R.S.S. se vor electrifica marile magistrale de cale ferată pe o lungime totală de 20 000 km, iar pe viitor lungimea căilor ferate electrificate va atinge 70 000 km. Economia de combustibil în septenal prin electrificarea căilor ferate se cifrează la 150 000 000 t.

Tabela 4

Tensiunea liniilor	Lungimea liniilor, km	Procente din lungimea totală %
800 kV (± 400 kV) curent continuu	500	0,2
500 kV curent alternativ	12 000	5,65
330 kV	7 500	3,5
220 kV	32 000	15,1
110—154 kV	80 800	38
35 kV	80 000	37,9

Pentru realizarea acestui vast program de construcții de linii electrice se introduc soluții constructive noi, care permit grăbirea ritmului și scăderea prețului de cost. Tendințele în construcția liniilor electrice se caracterizează prin :

1. Tipizarea stîlpilor în scopul reducerii numărului și dimensiunilor atît la tronsoane cît și la fundații.

Folosirea stîlpilor din beton armat centrifugat cu armătură pretensionată de 220—500 kV conduce în cazul tipurilor de stîlpi portali ancorați la economii de metal la circa 50%, față de stîlpii metalici. Utilizarea stîlpilor metalici din oțeluri slab aliate duce la reducerea greutății lor cu circa 15%, iar folosirea tiranților, acolo unde este posibil, duce la reducerea greutății stîlpilor metalici cu 20%.

2. Introducerea izolatoarelor cu dimensiuni reduse, care, permit micșorarea gabaritului stîlpilor.

3. Utilizarea clemelor cu tracțiune ridicată, care a permis dimesnionarea stîlpilor numai pentru regimul normal de fnncționare, astfel ajungîndu-se la micșorarea greutății suporților de susținere.

4. Utilizarea schemelor fără întreruptoare la linii de 35—220 kV și extinderea lor la linii de 330—500 kV.

5. Construirea de linii electrice de 330 kV

Analiza tehnico-economică a dezvoltării sistemelor energetice a Uniunii Sovietice a scos în evidență oportunitatea folosirii liniilor electrice de 330 kV. Aceste linii pot transporta 300—1 000 MW la distanțe de 300—500 km cînd sînt prevăzute cu dublu circuit. Datorită perspectivelor pe care le prezintă, s-au elaborat, de către Teploelectroproiect pentru liniile de 330 kV, următoarele tipuri de stîlpi : stîlpi portali ancorați din beton cu simplu circuit (fig. 5, *a*) stîlpi metalici cu simplu circuit și cu conductoare dispuse în triunghi (fig. 5, *b*); stîlpi metalici cu dublu circuit (fig. 5, *c*).

Primul tip de stîlp fiind cel mai economic, se recomandă în vedrea utilizării pe scară largă, iar cel de-al doilea tip se folosește în locul stîlpului portal ancorat, acolo unde ancorele se pot deteriora. Datorită avantajelor pe care le prezintă, liniile de 330 kV vor avea o lungime de peste 7 500 km în 1965 și vor permite legarea sistemelor energetice regionale contribuind astfel la formarea sistemului energetic unic al Uniunii Sovietice. În 1961 a intrat în funcție linia de înaltă tensiune de 330 kV Kremenciuk-Cerkask-Kiev, care face legătura între sistemul energetic Kiev și sistemul energetic Odesa și cel al R.S.S. Moldovenești.

6. Construirea de linii electrice de 500 kV

Pentru transportul energiei electrice la distanțe mari, s-au proiectat și construit U.R.S.S. linii electrice de 500 kV. Pînă în 1963 se prevede ca lungimea liniilor de foarte înaltă tensiune cu simplu circuit să fie de 6 000 km, în care se include și linia de curent continuu Volgograd-Donbas. Numărul stațiilor de transformare va fi de peste 17. Către anul 1965 lungimea liniilor de înaltă tensiune va fi 12 000 km, iar către anul 1970 vor exista numai în partea europeană a Uniunii Sovietice 15 000 km linii electrice aeriene de 500 kV, cu circa 60 de stații, însumînd o putere de 60 000 MVA.

Dintre liniile de 500 kV realizate în Uniunea Sovietică se menționează linia Kuibîșev-Moscova, dată în exploatare în 1956 la 400 kV,

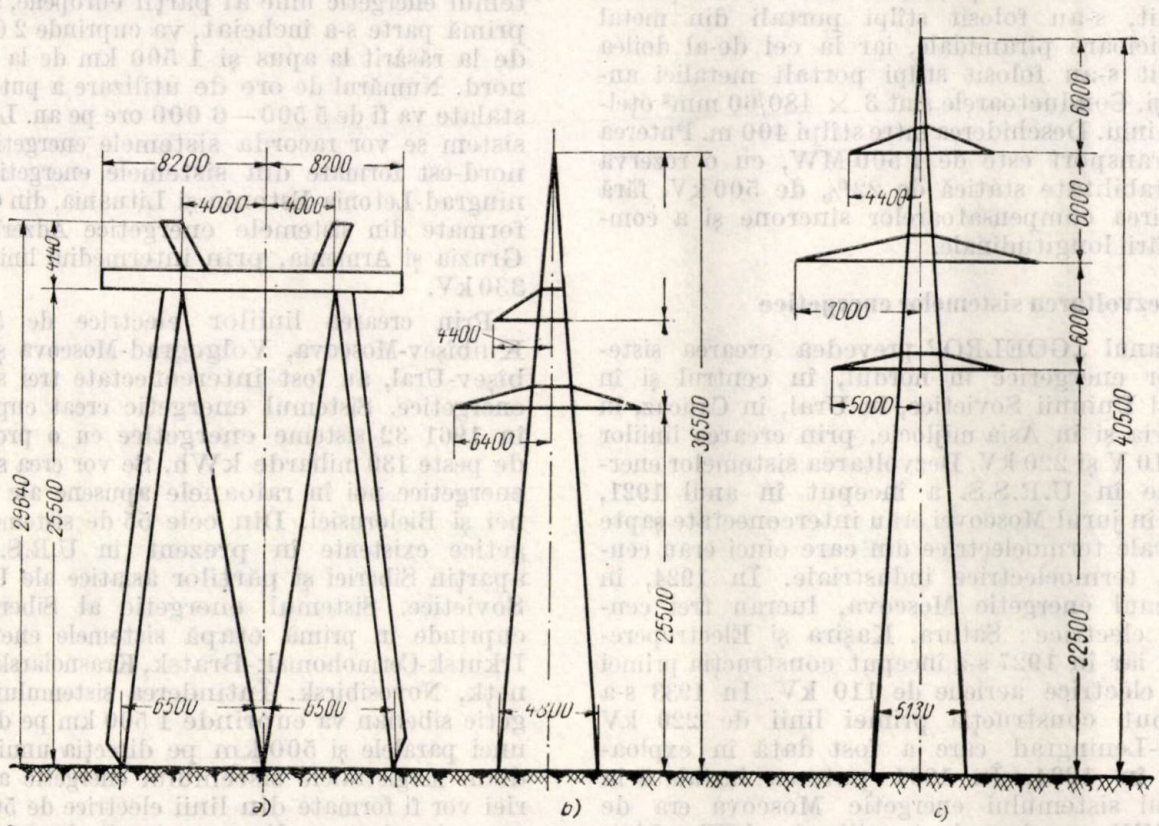


Fig. 5, *a*, *b*, *c*. Tipuri de stîlpi pentru linii electrice 330 kV.

trecută apoi la 500 kV, care are două circuite lungi de 815 km, respectiv 893 km. Unul se termină în apropiere de Moscova la stația de transformare răsăriteană (Noghinsk), iar celălalt la stația nordică (Beskudnikova). Stațiile de transformare se leagă între ele printr-o linie de 500 kV de 78 km. Lungimea totală a liniei este de 1 783 km. La fiecare stație de trasformare sînt instalate două grupuri transformatoare de 270MVA (3 × 90) la 500/110/11 kV; două grupuri de transformartoare de 180 MVA 220/11/11kV. De asemenea, la fiecare stație sînt montate patru compensatoare sincrone de 75 MVA fiecare. Stațiile de transformare sînt legate la sistemul energetic Moscova de 110 și 220 kV. La stația Kuibîșev, există montate grupuri transformatoare de 370 MVA (3 × 123,5 A) 13,8/500 kV și 270 MVA, 13,8/110/220 kV. Pe traseul liniei există trei stații de cumutație. Stațiile intermediare de secționare și compensare de pe linia Kuibîșev-Moscova nu diferă de stațiile de capăt.

O altă linie de 500 kV este linia Volgograd-Moscova, cu o lungime de 1 000 km și două circuite realizate pe trasee diferite. La primul circuit, s-au folosit stîlpi portali din metal cu picioare piramidale, iar la cel de-al doilea circuit s-au folosit stîlpi portali metalici ancorați. Conductoarele sînt 3 × 480/60 mm² oțel-aluminiu. Deschiderea între stîlpi 400 m. Puterea de transport este de 1 500 MW, cu o rezervă de stabilitate statică de 22% de 500 kV, fără folosirea compensatoarelor sincrone și a compensării longitudinale.

7. Dezvoltarea sistemelor energetice

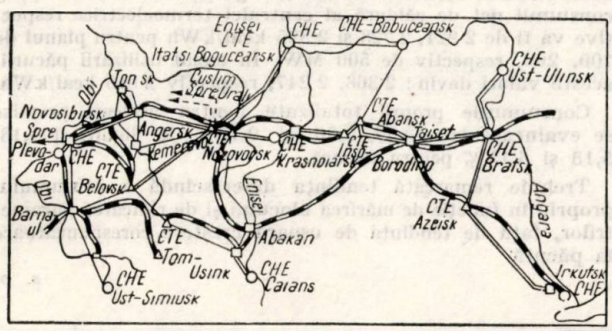
Planul „GOELRO" prevedea crearea sistemelor energetice în nordul, în centrul și în sudul Uniunii Sovietice, în Ural, în Caucaz, în Siberia și în Asia mijlocie, prin crearea liniilor de 110 V și 220 kV. Dezvoltarea sistemelor energetice în U.R.S.S. a început în anul 1921, cînd în jurul Moscovei erau interconectate șapte centrale termoelectrice din care cinci erau centrale termoelectrice industriale. În 1924, în sistemul energetic Moscova, lucrau trei centrale electrice : Satura, Kașira și Electroperedaci, iar în 1927 s-a început construcția primei linii electrice aeriene de 110 kV. In 1933 s-a început construcția primei linii de 220 kV Sviri-Leningrad care a fost dată în exploatare în 1934. În 1934 puterea instalată în cadrul sistemului energetic Moscova era de 900 MW, producînd 4 miliarde kWh. Liniile electrice ale sistemului măsurau 1 900 km de 110 kV și 1 500 km de 35 kV. În același an, sistemul energetic Leningrad avea o putere instalată de 640 MW, producția fiind de 2,5 miliarde kWh, iar lungimea liniilor era de 600 km de 110 kV și 380 de 35 kV. Sistemul energetic Ural avea în 1934 o putere instalată de 650 MW, producea 2,1 miliarde kWh și cuprindea 1 000 km linii electrice de 110kV. Sistemul energetic din Donbas a început să se organizeze în 1927, iar în 1934 avea o putere instalată de 660 MW, producea 2,7 miliarde kWh și cuprindea 1 800 km linii de 110 și 35 kV. În 1933 s-au legat sistemele energetice Gorki și Ivanov, iar în 1934 s-au unit sistemele energetice Donbas și Azov-Marea Neagră, precum și sistemele energetice Moscova și Gorki.

Una din direcțiile principale preconizate de programul P.C.U.S. privind dezvoltarea sistemelor energetice constă în crearea sistemului energetic unic al Uniunii Sovietice, care va deschide perspectiva dezvoltării celorlalte ramuri ale economiei naționale. În actualul septenal se va crea sistemul energetic al părții europene din U.R.S.S. prin interconectarea sistemelor energetice Ural din nordul și sudul Uniunii Sovietice. De asemenea, se vor dezvolta sistemele energetice din nord-est și est, sistemul energetic din nordul Caucazului și cel din Transcaucazia. Se va forma sistemul energetic al Siberiei și se va interconecta în viitor cu cel din partea europană a Uniunii Sovietice. Sistemul energetic unic al părții europene, a cărei primă parte s-a încheiat, va cuprinde 2 000 km de la răsărit la apus și 1 500 km de la sud la nord. Numărul de ore de utilizare a puterii instalate va fi de 5 500—6 000 ore pe an. La acest sistem se vor racorda sistemele energetice din nord-est formate din sistemele energetice Leningrad-Letonia-Estonia și Lituania, din Caucaz formate din sistemele energetice Adzerbaijan, Gruzia și Armenia, prin intermediul liniilor de 330 kV.

Prin crearea liniilor electrice de 500 kV Kuibîșev-Moscova, Volgograd-Moscova și Kuibîșev-Ural, au fost interconectate trei sisteme energetice. Sistemul energetic creat cuprindea în 1961 32 sisteme energetice cu o producție de peste 130 miliarde kWh. Se vor crea sisteme energetice noi în raioanele apusene ale Ucrainei și Bielorusiei. Din cele 55 de sisteme energetice existente în prezent în U.R.S.S., 23 aparțin Siberiei și părților asiatice ale Uniunii Sovietice. Sistemul energetic al Siberiei va cuprinde în primă etapă sistemele energetice Irkutsk-Cermohomsk-Bratsk, Krasnoiarsk, Kuznețk, Novosibirsk. Întinderea sistemului energetic siberian va cuprinde 1 500 km pe direcția unei paralele și 500 km pe direcția unui meridian. Magistralele sistemului energetic al Siberiei vor fi formate din linii electrice de 500 kV, cu o lungime medie pe circuit de 1 600 km, care vor fi echipate în etapa finală cu două circuite. Prima etapă a formării sistemului energetic al Siberiei centrale va fi terminată în jurul anului 1965. În a doua etapă (1970), liniile electrice ale Siberiei se vor extinde mult, servin la interconexiunea sistemului energetic al Siberiei centrale cu sistemele energetice din nordul și sudul Siberiei. Puterea totală a

centralelor hidroelectrice din sistemul energetic siberian va fi în anul 1975 de 31 000 MW şi va fi capabilă să producă 140 miliarde kWh. Puterea centralelor temoelectrice aparţinînd aceluiaşi sistem va fi în 1975 de 24 000 MW, din care 17 200MW, în centrale termoelectrice cu condensaţie şi 6 800 MW în centrale de termoficare. Numărul de ore de utilizare a puterii maxime va fi de 6 400—6 500 ore pe an. Sistemele energetice locale Kuzbas-Novosibirsk-Tomsk şi Barnaul se vor lega între ele prin prin linii electrice de 220 kV care ulterior vor fi trecute la 330 kV. După 1965, cînd se vor dezvolta sistemele energetice Barnaul şi Novosibirsk se vor construi linii electrice de 500 kV, care vor închide cercul Angersk-Novosibirsk-Barnaul-Belovo-Angersk. După 1965, se va forma sistemul energetic Pavlodarsk şi Altai care se vor lega cu sistemul energetic din Kazahstan. Unirea sistemului energetic din Kazahstan cu cel al Siberiei centrale se va face prin linia de 500 kV, Novosibirsk-Pavlodarsk-Omsk, care se va construi după 1965. Liniile electrice ale Siberiei, aşa cum vor arăta în prima etapă sînt date în figura 6.

După ce se va crea sistemul energetic al părţii europene al Uniunii Sovietice şi al Siberiei se va pune problema realizării practice a interconexiunii celor două sisteme energetice puternice. În Siberia vîrful de sarcină are loc cu 4 ore mai devreme, iar în Urali cu 2 ore mai devreme decît în părţile europene ale Uniunii Sovietice. Interconectarea sistemelor energetice ale Siberiei cu cele din partea europeană ale U.R.S.S. va duce la crearea sistemului energetic unic, ceea ce va permite satisfacerea cu energie electrică a nevoilor ţării şi va grăbi electrificarea deplină a Uniunii Sovietice. Interconectarea sistemelor energetice de pe teritoriul U.R.S.S. se poate realiza fie cu ajutorul liniilor de curent continuu, fie cu cele de



○ CHE △ CTE □ Staţii cu 500 kV
– – Linii de înaltă tensiune, cu curent continuu
—— Linii de înaltă tensiune, cu curent alternativ

Fig. 6. Schema topografică a liniilor electrice de înaltă tensiune ale Siberiei.

curent alternativ. Comparaţia liniilor de curent continuu de înaltă tensiune cu cele de curent alternativ pe distanţa Kazahstan-Ural şi Siberia centrală-Ural arată că investiţiile în primul caz sînt cu 20% mai mici, iar cheltuielile de exploatare cu 14% mai mici, iar în ultimul caz investiţiile sînt cu 47% mai mici, iar cheltuielile de exploatare cu 4% mai mici în cazul liniilor de curent continuu faţă de cele de curent alternativ. Din aceste motive, într-un viitor apropiat, se preconizează construirea unor linii de curent continuu de 1 200—1 400 kV. Asemenea linii se vor construi între Pavlovsk-Sverdlovsk şi Itat-Nazarski-Sverdlovsk avînd lungimi de 1 300—2 000 km şi putere de transportat de 2 000—4 000 MW.

La sfîrşitul septenalului se vor crea condiţii pentru ca în anii care vin să se treacă la realizarea a două linii electrice de înaltă tensiune care vor interconecta sistemul energetic al Siberiei cu cel al părţii europene din U.R.S.S. Cele două linii sînt studiate în două variante: cu curent continuu şi cu curent alternativ şi cuprind traseul din nord şi traseul din sud. Traseul din nord prinde localităţile Enisei-Belovo-Novosibirsk-Omsk-Curgan-Petropavlovsk-Sverdlovsk, iar traseul din sud trece prin Osinovo-Enisei-Belovo-Ekivastuz-Celiabinsk-Sverdlovsk. În jurul anului 1970 va fi dată în funcţiune pe unul din trasee fie o linie de curent continuu de 1 200—1 400 kV, fie o linie de curent alternativ de 600—750 kV. Este posibil ca pe circuitul din nord să se construiască o linie de curent alternativ, iar pe circuitul din sud o linie de curent continuu. Cea de-a doua linie se va da în funcţie imediat ce sistemul energetic al Siberiei va avea o putere instalată de 50 000 — 55 000 MW şi va produce circa 320 —350 miliarde kWh. Linia de curent continuu Enisei-Ural 1 200kV (±600kV) cu un randament de 92% şi investiţii de 6—8 miliarde ruble, duce la un cost al transportului de 0,9—1,2 copeici/kWh. Se preconizează ca între Krasnoiarsk şi Ural să se realizeze o serie de linii de curent continuu cu două şi trei circuite cu puteri de peste 10 000 WM, cu un transport de 35—40 miliarde kWh, acoperindu-se distanţe de 2 570 km.

Linia de curent alternativ studiată pentru interconectarea sistemelor energetice siberiene cu cele ale părţii europene ale Uniunii Sovietice are caracteristicile din tabela 5.

Tabela 5

Puterea maximă de transport, MW	3 400
Consumul de metal neferos pe conductor	10,5 t
Consumul de oţel pentru stîlpi	2 105 t
Puterea transformatoarelor, MVA	9 860
Puterea compensatoarelor sincrone, MVA	3 460
Puterea reactoarelor transversale, MW	3 460
Randamentul pentru 6 000 h/an	89,9
Investiţii, ruble	6 765
Costul transportului, ruble, kWh	2,03

Dintre multiplele probleme pe care le ridică exploatarea sistemelor energetice se menţionează următoarele:

— folosirea maşinilor electronice de calculat;
— reglarea tensiunii şi puterii reactive;

— reducerea pierderilor de energie electrică ;
— trecerea la tensiune superioară a liniilor electrice ;
— repararea sub tensiune a rețelelor electrice ;
— folosirea de scheme noi pentru linii electrice.

Pentru repartiția economică a sarcinilor între centrale, în U.R.S.S. se folosesc mașini de calculat care rezolvă problemele în sisteme energetice de orice formă cu un număr oarecare de centrale electrice.

În privința schemelor pentru linii lungi se folosesc în prezent linii electrice cu un număr minim de întreruptoare și se preconizeaza utilizarea schemelor cu patru conductoare ; trei pentru curentul alternatv și unul pentru curentul continuu. Tensiunea de curent continuu se aplică între conductor și pămînt. Cu ajutorul curentului continuu se realizează reducerea supratensiunilor interne, întrucît conductorul de curent continuu servește ca rezistență de amortizare în paralel la întreruperea curentului alternativ, mărește siguranța de funcționare a liniilor cu conductoare nefasciculare deoarece poate înlocui orice conductor în caz de avarie, topește chiciura de pe conductoare prin trecerea curentului continuu pe rînd prin fiecare conductor, mărește stabilitatea de funcționare a liniilor trifazate prin ameliorarea nivelului de tensiune la consumator.

După crearea sistemului energetic unic pe întreaga Uniune Sovietică sau paralel cu această realizare de mare proporție, se va trece și la interconectarea liniilor electrice din U.R.S.S. cu sistemele energetice ale țărilor de democrație populară, cu sistemul energetic central al R.P. Chineze și se vor realiza schimburi de energie cu Finlanda, Norvegia și cu alte țări. În prezent se construiesc linii electrice care vor lega Uniunea Sovietică de R.S. Cehoslovacă, iar într-un viitor apropiat țara noastră va fi legată prin linia de 400 kV prin R.S. Cehoslovacă cu U.R.S.S. Sistemul energetic al Republicii Populare Ungare este interconectat prin două linii electrice cu sistemul energetic din R. S. Cehoslovacă. Legătura cu sistemul energetic din China de nord și nord-est se va realiza prin șirul centralelor de pe fluviul Amur.

Terminarea interconexiunii sistemelor energetice ale Uniunii Sovietice cu cele ale țărilor de democrație populară va duce la crearea celui mai puternic sistem energetic din lume.

Nota redacției

Articolul de față a fost întocmit pe baza unei bogate bibliografii a cărei listă de titluri poate fi consultată la redacție.

DOCUMENTARE

Termoenergetica

Szántó, I. **Perspectivele dezvoltării consumurilor proprii la centralele termoelectrice cu abur.** În : Energia és Atomtechnika (R.P.U.) nr. 6, ian. 1962, p. 237—243.

Se arată importanța crescîndă a consumului propriu la noile centrale termoelectrice cu parametri ridicați. Se analizează factorii care determină acest consum, și anume : consumul specific de căldură, randamentul termic al ciclului, randamentul cazanului, al conductelor, al agregatelor principale și secundare, factorul de înrăutățire a exploatării (durata de utilizare, uzură, starea suprafețelor de schimb de căldură etc.), calitatea combustibililor, încărcarea centralei etc., prin prisma tendințelor recente de dezvoltare tehnico-economică.

Din analiza acestor factori rezultă și faptul că ridicarea presiunii mărește consumul de energie al pompelor de alimentare, în special în domeniile supracritice, cînd devine un factor preponderent.

De asemenea, utilizarea de cărbuni cu caracteristici energetice din ce în ce mai slabe conduce la mărirea consumului propriu al centralei.

Ceilalți factori menționați conduc în general la o scădere a consumului propriu în cursul progresului tehnic.

Autorul mai prezintă o comparație între trei centrale termoelectrice (de 100, 200 și 500 MW) avînd drept combustibil ligniți inferiori și trei centrale termoelectrice de aceeași mărime pe păcură. Aceste centrale termoelectrice au caracteristicile prevăzute în anii următori în condițiile R.P.U. În această comparație se detaliază și consumurile proprii anteevaluate. Astfel la utilizarea ligniților de 1 500 kcal/kg consumul net de căldură al centralei termoelectrice respective va fi de 2 921, 2 728 și 2 395 kcal/kWh pentru planul de 100, 200, respectiv de 500 MW. În cazul utilizării păcurii, aceste valori devin : 2 368, 2 247, respectiv 2 015 kcal/kWh.

Consumurile proprii totalizate pentru aceleași premise se evaluează la : 10,27, 9,36 și 9,15% la ligniți și 5,13, 5,18 și 6,15% pentru păcură.

Trebuie remarcată tendința descrescîndă a consumului propriu în funcție de mărirea blocului și de ridicarea parametrilor, față de tendința de ușoară creștere corespunzătoare la păcură.

s. p.

Davîdov, N. I. ș.a. **Caracteristicile dinamice experimentale ale cazanului cu supraîncălzire intermediară ПК—33—83** C. II. În : Teploenerghetika nr. 4, aprilie 1962, p. 7—10.

Cazanul experimental este de tip cu circulație forțată de 640 t/h, 140 at, 570°C cu supraîncălzire intermediară la 570°C și funcționează bloc cu o turbină de 200 MW cu condensație (K—200—130). Cazanul funcționează cu cărbune brun și dispune de șase mori cu ciocane cu separatoare inerțiale. Amestecul de aer-praf este introdus în cazan prin 18 arzătoare.

Încercările experimentale au urmărit să stabilească modul de comportare a sistemului de reglare a temperaturii aburului

supraîncălzit intermediar în cazul unor perturbații în exploatarea cazanului.

Supraîncălzitorul intermediar al cazanului este de tip cu convecție și este compus din două trepte, reglarea temperaturii aburului la supraîncălzirea intermediară făcîndu-se pe trei căi : printr-un by-pass al primei trepte de supraîncălzire (la intrarea aburului în cazan), prin recircularea gazelor arse și prin injecția apei de alimentare în abur.

Încercările s-au făcut pentru următoarele situații :

— diferite poziții ale ventilelor de by-pass ;

— descărcarea bruscă a turbinei ;

— deschiderea ventilului de la stația de reducere-răcire ;

— scoaterea din funcțiune a unor arzătoare.

Din analiza datelor obținute a rezultat că reglarea temperaturii aburului la supraîncălzire intermediară prin by-pass este sigură și eficace și s-ar putea extinde pentru o gamă mai mare de variație a sarcinii cazanului.

t. n.

Reminiczky, K. **Coșurile cele mai înalte din Europa** În : Energia és Atomtechnika (R.P.U) nr. 4, arpile 1962, p. 165.

Se prezintă în primul rînd importanța protecției contra aerosolilor și gazelor dăunătoare evacuate prin coșuri. Se arată nomograma Büttner-Uerdingen, care indică distanțele de dispersare a prafului de 5—200 microni diametru în funcție de înălțimea coșurilor (între 20 și 140 m înălțime) la o viteză a vîntului de 3,6 m/s.

Se dau unele detalii asupra unui coș de construcție uzuală de 200 m înălțime și 9 m diametru în curs de construcție în R.P.U., care este al treilea coș după înălțime din Europa.

Cel mai înalt coș din Europa este al centralei termoelectrice de 375 MW din Stade (Hanovra, R.F.G.), de 220 m înălțime, amplasat într-o regiune de pomicultură, sensibilă la gaze și fum. Acest coș are o construcție specială, avînd partea portantă dintr-un schelet de oțel, cu secțiune triunghiulară, latura de bază fiind de 40 m, așezate pe fundații de beton. Coșul propriu-zis este format din trei tuburi de oțel de 3 m diametru, așezate în colțurile scheletului. Scheletul are 200 m înălțime și servește și ca un turn de priveliște a regiunii, avînd nouă platforme și un ascensor central amplasat într-un tub de 2,6 m diametru. Toată construcția de oțel cîntărește circa 650 t.

Se menționează faptul că, la construcția acestui coș, problemele cele mai dificile nu erau de rezistență și de stabilitate, ci de protecția contra coroziunii, atît în exterior cît și în special din interiorul coșului, provocate de conținutul înalt de 4—5% sulf din păcura utilizată. La protecția exterioară s-a utilizat zincarea suprafețelor de oțel. Pentru protecția interioară s-au luat și unele măsuri neobișnuite, ca ridicarea excesului de aer la 7—8 spre a reduce concentrația de sulf și spre coborîrea punctului de rouă sub temperatura gazelor de fum. Coșurile de tablă sînt izolate termic în așa fel, încît pierderea de temperatură de-a lungul coșului este de 3—7°. Totuși ultimii 20 m de coș sînt căptușiți cu plumb.

s. p.

Lin, M. K. **Reducerea consumului de energie electrică al ventilatorului morii din sistemul de preparare a prafului de cărbune.** În : Promîșlennaia energhetika nr. 1, ian. 1962, p. 7—8.

La cazanele la care schema de preparare a prafului de cărbune cuprinde un singur ventilator și buncăr intermediar, după umplerea buncărului intermediar cu praf de cărbune, moara este oprită, iar ventilatorul morii continuă să funcționeze numai pentru a transporta praful de cărbune din buncăr la arzătoare. În acest caz rezistența traseului aer-praf de cărbune scade în mod apreciabil, ceea ce conduce la necesitatea utilizării unor șubere de reglare. Durata de utilizare a ventilatorului morii pentru transportul prafului de cărbune la arzătoare în timp ce moara este oprită crește foarte mult în cazul cînd centrala mai consumă pe lîngă cărbune și alt combustibili (gaze și păcură). Întrucît puterea motorului de antrenare a ventilatorului este astfel aleasă încît ventilatorul să acopere rezistența hidraulică a circuitului de aer-praf de cărbune din schema de preparare a cărbunelui pulverizat, rezultă o utilizare neeconomică a motorului ventilatorului numai pentru transportul prafului de cărbune la arzătoare.

La un cazan de 230 t/h al unei centrale termoelectrice din U.R.S.S., la care măcinarea cărbunelui se face cu două mori cu bile tip 287/470, una din mori funcționează 24 h/zi, iar cealaltă 2 h/zi ; în acest regim unul din ventilatoarele morilor lucrează 22 h/zi numai pentru antrenarea prafului de cărbune. Electromotorul de antrenare a ventilatorului are puterea de 230 kW. În cazul transportului prafului de cărbune, rezistența traseului scăzînd de la 900—1 000 mm CA la 240—250 mm CA, rezultă că ar fi necesară o putere de numai 54 kW și că ventilatorul consumă în plus circa 1 400 000 kWh/an. Se indică necesar în acest caz instalarea unui ventilator suplimentar de o putere corespunzătoare pentru presiunea de 250—260 mm CA.

t. n.

Centralele termoelectrice din Franța. In : The Engineer **213,** nr. 5531, 26 ian, 1962, p. 205—206.

În 1960 în Franța s-au produs circa 72 TWh, din care 40,3 TWh în centrale termoelectrice și 31,8 TWh în centrale hidroelectrice. Din aceste valori 68% au fost acoperite de „Electricité de France" (Ed. F.) cu 30,7 TWh în centrale termoelectrice și 14,8 TWh în centrale hidroelectrice.

Datele caracteristice asupra producției (Ed. F.) în centrale termoelectrice sînt arătate în tabela 1. În 1965 puterea instalată trebuie să fie 8 000 MW și energia livrată de 30 TWh.

Tabela 1

Anul	Consum specific, kcal/kWh	Personal specific om/MW	Puterea instalată, MW	Energia livrată, TWh
1938	6 000	7	1 300	4,20
1946	5 500	6	1 750	6,87
1952	4 365	3,12	2 650	8,13
1958	3 060	1,51	4 500	12,60
1959	2 850	1,18	5 500	15,20

Consumul specific va scădea la circa 2 700 kcal/kWh. Dezvoltarea termocentralelor a fost făcută pe baza a două tipuri * de grupuri 125 și 250 MW. Grupul de 125 MW are parametri de 127 ata 540/540°C cu șapte prize regenerative și cu introducerea apei în cazan la o temperatură de 235°C. Cazanul cu circulație naturală are 360 — 400 t/h. Generatorul are 125 MW, coș $\Phi = 0{,}8''$, $U_n = 15{,}5$ kV și lucrează bloc cu un transformator de 15,5/69 ; 15,5/90 ; 15,5/150 sau 15,5/225 kV. Transformatorul de servicii interne are 12,5 MVA, 15,5/5,5 kV. Consumul specific este de 2 450 kcal/kWh (randamentul ciclului 34%). Indicii specifici ai centralelor construite cu grupuri de 125 MW sînt 0,55 m³/kW, 0,014 m²/kW și un consum de oțel de circa 80 kg/kW. Grupul de 250 MW are parametri de 166 ata, 655/556°C și utilizează un generator cu tensiunea de 12,8 sau 24 kV și un transformator 312,5 MWA trifazat (12,8 sau 24), 225 kV. Există în studiu și un grup de 500 MW care va conduce la un consum specific de 2 000 kcal/kWh, un personal specific de 0,3 om/MW și indici constructivi de 0,33 m³/kW, 0,009 m²/kW și consum de circa 50 kg ol/kW.

a. r.

* La început au fost utilizate și unități între 60—100 MW

Flidman, V. E. şi *Segal, G. L.* **Unele probleme ale automatizării complexe a unei centrale termoelectrice de putere mare.** În: Elektriceskie, stanţii **33**, nr. 1, ian. 1962, p. 10—13.

Se descrie sistemul de control şi comandă centralizată la o centrală termoelectrică de 500 MW echipată cu opt turbogeneratoare. Astfel, în camera centrală de comandă sînt amplasate panourile de semnalizare, comandă şi control atît pentru agregatele din sala maşinilor, cît şi pentru serviciile interne electrice şi termice.

Pentru depozitul de combustibil, pregătirea prafului de cărbune şi pentru tratarea apei se prevăd puncte separate de comandă şi control.

Problemele de control, comandă şi semnalizare pentru un număr foarte mare de mărimi îndrumate spre un punct central au putut fi rezolvate numai prin folosirea aparatelor cu dimensiuni şi gabarite reduse şi prin limitarea numărului de parametri supravegheaţi în mod permanent.

Parametrii supravegheaţi permanent sînt: presiunea, debitul şi temperatura aburului, turaţia turbinei, vidul în condensator etc., iar restul parametrilor se urmăreşte în mod selectiv. Mărimea parametrilor urmăriţi „la cerere" se poate face chemînd cu ajutorul selectoarelor telefonice — aparatul respectiv a cărui indicaţie trebuie să fie transmisă spre camera de comandă centrală.

În final se examinează neajunsurile sistemului de control preconizat, propunîndu-se soluţii de remediere, şi se discută tendinţele de dezvoltare în perspectivă a dispozitivelor pentru automatizarea cît mai completă a centralelor termoelectrice de putere mare.

a. c.

Orelovici, L. S. **Panouri pentru comanda blocurilor din centrale termoelectrice de dimensiuni mici.** În: Elektriceskie stanţii **33**, nr. 2, febr. 1962, p. 27—31.

Pentru o serie de noi centrale termoelectrice de puteri mari şi foarte mari, şi în special pentru unităţi energetice descoperite şi semidescoperite, se urmăreşte pe lîngă o automatizare cît mai completă a proceselor tehnologice şi posibilitatea folosirii unor panouri centrale de comandă noi. Astfel, au fost realizate şi folosite tipuri noi de aparate miniaturizate care utilizează tehnica măsurărilor selective (un singur aparat comutabil la mai multe sesizoare, cu folosirea multiplă a unui număr mic de căi de telecomunicaţii).

În articol se prezintă schemele şi aparatele folosite pentru automatizarea instalaţiilor la un bloc cazan-turbină-generator-transformator deservit de un singur operator.

Totodată se arată posibilitatea ca un singur operator să poată deservi în viitor, prin completarea schemelor de automatizare, cel puţin două blocuri. Folosirea panourilor de dimensiuni mici conduce la avantaje economice, care se realizează prin reducerea spaţiului cu centrale termoelectrice şi obţinerea de economii însemnate la cablurile de legătură între camera de comandă şi utilaje. Spre exemplificare, se arată că la o centrală termoelectrică de 600 MW (4 × 150) au fost economisite zeci de panouri şi peste 50 km de cabluri

a. c.

Avdeeva, A. A. **Arzător de gaze de tip central.** În: Teploenerghetika nr. 3, mart. 1962, p. 38—41.

Arzătoarele iniţiale T.K.Z. de tip periferic, împinse în faţă, cu $W = 56$ m/s şi $\beta = 30°$ aveau neajunsul unui q_3 ridicat (2% la $\alpha = 1{,}2$) şi în acelaşi timp — din cauza efectului radiant al flăcării semiluminoase — nu asigurau temperatura de suprafncălzire.

Pentru experimentare s-au montat arzătoare de tip central cu posibilitate de a se varia viteza de scurgere a gazului şi de deplasare axială a capătului arzătorului pe o distanţă de circa 310 mm.

Rezultatele celor circa 40 încercări au fost:

1. În poziţia „retrasă" în interiorul ambrazurii: flacăra obţinută era transparentă, neluminoasă, iar pierderile de căldură prin ardere chimic incompletă q_3 (de ordinul 0,5% la $\alpha = 1{,}2$) erau practic independente de mărimea vitezei de scurgere a gazului care a fost variată între limitele 20—187 m/s.

2. În poziţia „avansată" către focar, respectiv apropiată de ieşirea din abrazură: flacăra obţinută era semiluminoasă iar $q_3 = 1\%$ la $\alpha = 1{,}2$ şi la viteze ridicate; la viteze mici q_3 scădea la circa 0,5%.

Ca urmare a încercărilor, s-a fixat definitiv poziţia „retrasă" a arzătorului, iar viteza de scurgere a gazului s-a ales 75 m/s corespunzînd criteriului egalităţii energiilor cinetice la $\alpha = 1{,}15$ în ambrazură; în plus prin înclinarea fantelor faţă de direcţia radială se imprimă o mişcare de rotaţie de acelaşi sens cu aceea a aerului. Rezultatele au fost că q_3 a devenit zero la $\alpha \geqslant 1{,}1$, randamentul a atins 94,8%, temperatura de suprafncălzire a crescut de la 385 la 405°C, aspectul flăcării fiind: omogen, transparent, iar culoarea violetă.

c. d.

Observaţii din partea redacţiei

Rezultatele încercărilor de mai sus duc în esenţă la două concluzii:

— una logică: împingerea capului arzătorului către ieşirea din ambrazură duce la creşterea pierderilor q_3 şi schimbă aspectul flăcării din transparent în semiluminos;

— una care infirmă metoda Ivanov (egalitatea energiilor cinematice şi folosirea de diametre şi viteze mari la gaze pentru obţinerea pătrunderii): în poziţia „retrasă" viteza gazelor nu joacă rol, iar în poziţia „avansată" este chiar dăunătoare.

Electroenergetică

Saalcian, L. O. şi *Hainson, I. I.* **Despre alegerea structuri raţionale a puterilor generatoare în sistemele energetice.** În: Elektricestvo **83**, nr. 5, mai 1962, p. 20—27.

Pentru asigurarea unui ritm rapid de dezvoltare a energeticei este necesară acordarea unei atenţii deosebite progresului tehnic şi indicilor tehnico-economici ai CTE, deoarece aceste centrale vor reprezenta în viitor sursele principale de energie electrică. Mărirea puterilor unitare ale agregatelor, creşterea parametrilor aburului, utilizarea largă a petrolului şi gazelor naturale, vor permite să se reducă în mod însemnat costul puterii instalate şi al producerii energiei electrice.

Pentru economia energeticii este important modul de evoluţie al consumului de energie electrică în perspectivă. Analizele efectuate au arătat că în perspectivă (1980) va creşte diferenţa între vîrful de sarcină şi golul de noapte, acesta reprezentînd circa 50% din vîrf; viteza de variaţie a sarcinii în unele sisteme va atinge 200 MW/min. Un astfel de regim pune condiţii speciale utilajelor care vor trebui să funcţioneze cu o sarcină pronunţată variabilă în cursul zilei. Ţinînd seama de prezenţa instalaţiilor de termoficare în partea de bază a graficului, rezultă că variaţiile în funcţionarea centralelor de condensaţie vor fi şi mai însemnate.

Acoperirea sarcinilor de vîrf depinde de fapt de rezolvarea a trei probleme principale: 1. Alegerea resurselor energetice care sînt cele mai avantajoase în regimul de consum dat. 2. Alegerea tipului agregatelor care pot fi folosite pentru acoperirea vîrfului (dacă, şi în ce măsură pot fi folosite agregatele termice de mare putere). 3. Precizarea domeniului în care este util să se folosească instalaţii hidro (sau să se extindă cele existente) pentru acoperirea vîrfului de sarcină.

Analiza problemei resurselor energetice arată că utilizarea unor anumite tipuri de combustibil ca gazele naturale, ţiţeiul pentru alimentarea centralelor de vîrf reduce economicitatea folosirii acestor combustibili prin scumpirea transportului acestora. Se precizează că la proporţia de 50% pe care o vor reprezenta gazele şi ţiţeiul în balanţa energetică de perspectivă a U.R.S.S., reducerea cu 30% a numărului de ore de utilizare a combustibililor menţionaţi, dublează costul transportului acestora. În ceea ce priveşte cărbunele, economicitatea transportului acestuia nu variază mult în funcţie de orele de utilizare, datorită posibilităţilor de depozitare a acestuia. Totuşi folosirea cărbunelui reduce capacitatea de reglare a instalaţiilor energetice.

Analiza caracteristicilor instalaţiilor energetice arată că efectele pe care industria tinde să le obţină prin mărirea parametrilor aburului şi a puterilor unitare ale agregatelor

pot fi reduse la zero prin funcționarea acestora în regim de sarcină variabilă cu opriri și porniri dese. Or, la gradul de uniformitate al graficului așteptat devine necesar ca centralele de condensație să preia o parte majoră a vîrfurilor de sarcină. Totodată se menționează că problemele pornirilor și încărcărilor rapide ale utilajului de mare putere nu sînt încă tehnic rezolvate satisfăcător.

În vederea stabilirii soluției celei mai avantajoase pentru centralele de vîrf, au fost analizate diferite moduri de acoperire a unor grafice tip, care variază în timp. Concluziile principale ale calculelor au fost următoarele:

1. Instalarea în sistem a unor centrale speciale de vîrf permite să se amelioreze sensibil structura parcului de bază al centralelor de condensație, care trebuie să producă marea majoritate a energiei electrice consumate în economia națională.

2. Instalarea și exploatarea centralelor de vîrf favorizează în mod esențial ameliorarea regimului utilajului principal care trebuie să producă partea cea mai mare a energiei electrice. Aceasta, deoarece tocmai utilajul principal ar urma să preia vîrfurile de sarcină în lipsa unor centrale speciale de vîrf.

3. Calculele tehnico-economice au fost efectuate pe exemplul sistemelor Centru, Ural și Siberia, după metoda cheltuielilor de calcul, pentru diverse proporții de centrale de vîrf față de totalul puterii instalate.

Au fost efectuate calcule speciale pentru precizarea efectului pe care îl au variațiile costului combustibilului asupra volumului de cheltuieli admisibile în centrale de vîrf.

Concluziile trase din calculele tehnico-economice au arătat că:

1. Economia obținută în centralele de condensație prin introducerea centralelor de vîrf depășește de regulă cheltuielile necesare instalării centralelor de vîrf respective, astfel că soluția instalării la timp a centralelor de vîrf corespunde soluțiilor economicește celor mai avantajoase de organizare a economiei energetice.

2. Cu cît cheltuielile de exploatare (anuale) la centralele de vîrf sînt mai mici, cu atît sînt mai mari investițiile ce pot fi alocate construirii acestora. În acest sens, cele mai mari investiții pot fi alocate hidrocentralelor.

3. Efectul instalării centralelor speciale de vîrf este cu atît mai mare cu cît poate fi considerată mai lungă perioada de exploatare de calcul.

4. De regulă, dacă nu toată sarcina de vîrf, în orice caz o mare parte a acesteia trebuie reglată prin centrale speciale de vîrf.

Sursele cele mai eficace de acoperire a sarcinii de vîrf sînt hidrocentralele, deoarece instalarea și exploatarea puterii suplimentare la acestea revin mult mai ieftin decît mărirea puterii centralelor termice (chiar și celor mai economice) și exploatarea acestora în regim variabil. Construirea hidrocentralelor permite de asemenea să se amelioreze structura termocentralelor din sistem prin întîrzierea apariției acestora.

Economia specifică de combustibil obținută de la hidrocentrale într-un interval determinat este întotdeauna mai mare decît consumul specific mediu de combustibil în termocentralele sistemului în aceeași perioadă.

Problemei acoperirii vîrfului în sistemele energetice trebuie să i se acorde atenție însemnată; tratarea sa simplificată, reducerea acestei probleme la chestiunea repartizării rationale a sarcinii între centrale pe considerente de combustibili și tendința de a pune acoperirea vîrfului pe seama centralelor de condensație puternice fără reconstrucția tehnică corespunzătoare a acestora, limitînd construcția centralelor speciale de vîrf, este o greșeală gravă ale cărei efecte se vor constata imediat ce graficul de sarcină va căpăta o formă pronunțată de vîrf și în special după ce golul de noapte va atinge valorile prevăzute

em. c.

Marcovici, I. M. **Formulă generală a pierderilor de putere în rețele și calcularea creșterilor specifice ale pierderilor.** În: Elektricesvo **83,** nr. 4, apr. 1962, p. 41—45.

Pierderile de putere într-o rețea de configurație oarecare se determină univoc în următoarele cazuri: cunoscînd valorile curenților în toate ramurile; cunoscînd vectorii curenților surselor și sarcinilor pentru toate nodurile cu excepția unuia (de echilibrare); cunoscînd vectorii tuturor tensiunilor în noduri.

Dacă în primul caz soluția este banală, în celelalte două pierderile pot fi exprimate cu ajutorul coeficienților complexi de repartiție a curenților și cu ajutorul admitanțelor complexe reciproce.

Deși formulele ce se obțin pe calea indicată mai sus sînt relativ simple, utilizarea lor este îngreunată de faptul că în general nu se cunosc valorile curenților și tensiunilor, ci puterile sarcinii, iar puterile surselor se determină prin calcularea regimului optim. Pentru aceste calcule este necesară cunoașterea creșterilor specifice ale pierderilor în rețele, în funcție de puterile centralelor. În acest scop este rațional să se exprime pierderile de putere în funcție de puterile sarcinilor și centralelor.

Formula obținută conține în afara valorii puterilor active și reactive, coeficienți care însă nu sînt constanți — depind de mărimea și faza tensiunilor în noduri.

Pe baza acestei formule se determină apoi creșterile specifice ale pierderilor, adică derivatele parțiale ale pierderilor în funcție de puterea sarcinilor (surselor). Se menționează că formulele creșterilor specifice devin deosebit de simple dacă coeficienții din formula pierderilor sînt considerați constanți.

Aceste formule simplificate pot fi utilizate — după părerea multor specialiști — dacă se iau în considerare mai multe ipoteze simplificatoare: tensiunile în noduri se consideră egale; decalajul fazelor tensiunilor este foarte redus; neomogenitatea rețelei este mică.

Dacă se ia în considerare și variația tensiunilor, relațiile care stabilesc creșterile specifice ale piederilor se complică și necesită un volum însemnat de calcule. De aceea este necesar să se precizeze valoarea erorilor în cazul folosirii formulelor simplificate.

em. c.

Holmski, V. G. și *Şcerbina, I. V.* **Considerarea condițiilor limitative în calculele regimurilor sistemelor electrice, care asigură pierderi minime.** În: Elektricestvo **83,** nr. 4, apr. 1962, p. 12—24,

Problema asigurării regimului economic de funcționare al unui sistem energetic poate fi împărțită în două părți: calculul repartiției optime a sarcinilor active între centrale și agregate și calculul repartiției optime a sarcinilor reactive între surse (și a nivelurilor optime de tensiune).

Dacă repartiția optimă a sarcinilor active între surse a fost determinată, a doua parte a problemei se reduce la găsirea minimului funcției de pierderi active globale în rețea. Variabilele acestei funcții pot fi: sarcinile surselor de putere reactive; tensiunea unui punct al sistemului care este dat ca punct de plecare pentru calculul regimului de tensiuni; forțele electromotoare ale transformatoarelor survoltoare care determină repartiția forțată a puterilor.

Valorile variabilelor pentru care se obține minimul de pierderi se determină prin rezolvarea unui sistem de ecuații diferențiale care conține atîtea ecuații cîte necunoscute intervin. Astfel, în cazul în care variabilele pot avea orice valoare (pot varia între orice limite), sistemul are o soluție univocă și toate gradele sale de libertate se folosesc pentru reducerea pierderilor (pierderile se reduc acționînd asupra fiecăreia din variabile). În condițiile reale însă nici puterile reactive, nici tensiunile în anumite puncte ale sistemului și nici forțele electromotoare nu pot varia în orice limite, astfel că nu este întotdeauna posibil să se asigure pentru variabilele considerate în calcul, valorile obținute. Limitările mărimilor care apar în calcul pot fi împărțite în două grupe: a) limitări ale mărimii variabilelor funcției de pierderi: b) limitări ale unor mărimi ce influențează indirect asupra mărimii variabilelor respective. Întrucît fiecărei limitări din grupa b) i se poate da o formă matematică, problema se reduce la determinarea unui minim relativ al funcției de pierderi, ținînd seama și de condițiile suplimentare.

În articol se deduc relațiile matematice necesare rezolvării problemei puse, prin metode de iterare.

Se știe că pentru rețelele cu influență relativ mică a admitanțelor transversale (pînă la 220 kV) și care nu funcționează

cu sarcini apropiate de zero, pierderile de putere sînt cu atît mai mici cu cît este mai mare nivelul de tensiuni al rețelei. De aceea în aceste rețele întotdeauna va trebui să se țină seama de limitarea tensiunii în punctul în care aceasta apare cu valoarea cea mai mare.

Sykes, M. H. J. **Contribuția Angliei la dezvoltarea electroenergeticii.** În: Elektrotechnik (Industrie + Betrieb) **44**, nr. 9, 24 febr. 1962, p. 99—101.

Creșterea consumului de energie electrică a atins în 1961 o valoare cu 13% mai mare ca în anul precedent. În octombrie 1961 au fost terminate centralele atomoelectrice Bradwell (Essex) de 400 MW și Berkeley (Glocestershire) de 275 MW. În materie de termocentrale cu aburi s-a trecut la realizarea unor grupuri cu o putere unitară de 500 MW. Vor fi realizate mari centrale termoelectrice de 2 000 MW avînd patru unități bloc. O noutate tehnică la centralele termoelectrice este intrarea în funcțiune în decembrie a unui turn de răcire de tip „uscat"; acest tip de construcție a mai fost folosit numai o singură dată în R.P.U. și constă dintr-un fel de radiatoare răcite cu aer și dispuse circular pe osatura unui turn de răcire de construcție obișnuită. Sistemul nu comportă pierderi de apă (de aci denumirea de „uscat") și a fost construit de firma „English Electric" pentru un grup de 120 MW din centrala Rugeley din Staffordshire.

În 1961 a fost ridicată tensiunea rețelei de 275 kV la 400 kV și s-au construit noi linii pentru această tensiune.

Cercetările au arătat că în viitorii ani va fi necesar să se construiască o nouă rețea magistrală avînd probabil o tensiune de 700 kV. La 8 decembrie 1961 a intrat în funcțiune legătura în cablu submarin de curent continuu între Anglia și Franța pe care se pot transporta puteri de circa 160 MW sub 200 kV. S-a decis ca și legătura submarină dintre cele două insule ale Noii Zelande să fie făcută cu cablu de curent continuu de 250 kV care a fost comandat în Anglia. Este vorba de un cablu de 48 km pozat la adîncimi de circa 254 m.

În anul 1961 s-au dezvoltat producția și utilizarea în electroenergetică a maselor epoxidice. Au fost realizate izolatoare din epoxid pentru exterior. A fost acordată asistența tehnică Noii Zeelande pentru realizarea unor centrale geotermice cu o producție anuală de 400 GWh.

a. r.

Kosowski, A. A., Șireaeva. P. P. **Analiza a șase ani de încercări preventive cu tensiune redresată de 50 kV a liniilor de cablu.** În: Elektriceskie stanții **33**, nr. 4, apr. 1962, p. 68—72.

Analizele precedente au arătat că eficacitatea încercărilor preventive a rețelelor de cablu crește o dată cu mărirea frecvenței încercărilor și cu mărirea tensiunii de încercare. S-a precizat de asemenea că numărul de străpungeri ale izolației crește numai temporar la mărirea tensiunii de încercare; în cele din urmă se reduce numărul de avarii apărute în rețea.

Verificarea acestor concluzii a fost făcută pe o porțiune de rețea de cablu din Leningrad în 1954, prin încercarea rețelei de 6 kV cu tensiune redresată de 50 kV în loc de 35 kV. În articol se furnizează concluziile trase cu ocazia analizării datelor obținute în cei 6 ani de încercări preventive cu 50 kV ai respectivei rețele.

Datele prezentate arată că mărirea tensiunii de încercare în curent continuu de la 35 kV la 50 kV a redus numărul defectelor de avarie (în exploatare) de circa 3 ori. În acest timp frecvența încercărilor a fost redusă în medie de 2,4 ori (de la circa 5,4 ori pe an la circa 2,2 ori în medie).

În primii doi ani de folosire a tensiunii de încercare redresată de 50 kV, defectările la încercarea manșoanelor și cutiilor terminale de 6 kV au crescut de circa 2,5 ori. În al treilea an defectările s-au redus pînă la mărimea existentă înainte de mărirea tensiunii de încercare și apoi s-au redus de încă 2 ori în concordanță cu reducerea generală a numărului de defecte în rețeaua de cablu de 6 kV.

Din momentul trecerii la tensiunea redresată mărită de încercare (50 kV) s-au străpuns circa 2% din manșoanele de 6 kV instalate în rețea în afara acelora care s-ar fi străpuns și fără mărirea tensiunii de încercare. În același timp numărul de defecte de cablu de 6 kV propriu-zise aproape nu s-a modificat la mărirea tensiunii redresate, de la 35 kV la 50 kV.

Mărirea tensiunii redresate de încercare a rețelei de cablu de 6 kV de la 35 la 50 kV (după înlocuirea din rețea a manșoanelor și cutiilor terminale slăbite) a permis să se mărească nivelul de izolație al rețelei și ca urmare să se reducă sensibil defectele de avarie în cablu.

Mărirea tensiunii de încercare în curent continuu determină creșterea eficacității descoperirii unor asemenea defecte de cablu, ca îmbătrînirea izolației din hîrtie impregnată, care sînt greu de depistat la încercări preventive.

Rezultatele utilizării tensiunii mărite de încercare într-unul din raioanele Leningradului au confirmat concluziile anterioare asupra eficacității încercărilor preventive: reducerea numărului de avarii, mărirea eficacității încercărilor preventive, creșterea numai temporară a numărului de defecte la încercări cu tensiune redresată, precum și lipsa de pericol a tensiunii mărite pentru izolamentul cablurilor și manșoanelor de cablu la gradienții de tensiune considerați.

Birinkova, R. P. și *Timofeev, D. V.* **Condițiile de funcționare a condensatoarelor în instalațiile de compensare capacitivă.** În: Promîșlennaia energhetika, **16**, nr. 12, dec. 1962, p. 21—26.

În articol se analizează cauzele defectărilor repetate ale condensatoarelor în instalațiile de compensare capacitivă și se indică unele mijloace pentru remedierea neajunsurilor. După ce se scot în evidență cauzele care conduc la defectarea condensatoarelor, se precizează că scoaterea repetată din funcțiune a acestor instalații se datorește în principal încălzirii lor excesive provocate de curenții armonicelor superioare. Se arată condițiile de apariție a fenomenului de rezonanță într-un sistem energetic la frecvențe ale armonicelor superioare și se prezintă posibilitățile de verificare a condensatoarelor care funcționează în sisteme ce cuprind redresoare ionice. Autorii prezintă metoda de calcul a bateriilor de condensatoare și stabilesc condițiile de funcționare a instalației în regim nesinusoidal. Înlăturarea fenomenelor de rezonanță se poate face prin două căi: fie modificînd schema de alimentare, fie modificînd oscilațiile proprii ale sistemelor. Prima metodă nu se recomandă decît în cazuri speciale.

a. c.

Kojarinov, V. V. ș.a. **Unificarea construcțiilor pentru instalațiile de distribuție de exterior, pentru 35 și 110 kV.** În: Elektriceskie stanții, **33**, nr. 1, ian. 1962, p. 45—51.

Se examinează problema unificării elementelor prefabricate din beton armat pentru stații de distribuție de tip exterior 35 și 110 kV. Analiza se referă atît la unificarea dimensiunilor prefabricatelor din beton cît și la unificarea schemelor de montaj. Totodată, se face un studiu tehnico-economic comparativ, scoțîndu-se în evidență avantajele și economiile ce se obțin în cazul unificării părții de construcție a stațiilor de distribuție instalate în aer liber. Sînt examinate cadrele portal pentru suspensia barelor colectoare, coloanele și traversele, soclurile pentru aparatele de măsură, suporturile pentru cabluri, dîndu-se schițe și dimensiuni pentru o gamă variată de elemente. Cîteva exemple de instalații executate cu asemenea elemente unificate permit autorilor să scoată în evidență reducerea substanțială a tipurilor și numărului de elemente folosite și micșorarea prețului de cost al instalațiilor realizate cu elemente unificate în comparație cu execuțiile fără unificarea elementelor. Se mai prezintă utilajul folosit la pregătirea lucrărilor și la montarea elementelor prefabricate și se indică avantajele obținute în privința reducerii duratei de construcție. Elementele tipizate permit realizarea celulelor premontate și așezarea lor la locul de funcționare odată cu aparatajul de manevrare și comutație. Dat fiind avantajul esențial al metodei tipizării elementelor prefabricate din beton este posibilă extinderea pe scară mare a metodelor industriale de construcție, ceea ce mărește mult ritmul de construcție a stațiilor exterioare de 35 și 110 kV.

MŰSZAKOS KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.165.004.64

Dinulescu, C.: **Возможные погрешности при эксплуатации паровых турбин**

В статье показан метод расчёта тепловых нагрузок в различных условиях эксплуатации. Далее анализируются ошибки, которые могут произойти по вине эксплуатационного персонала и указываются средства их предупреждения.

Energetica, *10* (1962) № 10, стр. 409–416

ДК 624.131:624.15.001.5

Budeanu C.: **Изыскания на местах и лабораторные исследования проводимые для энергетических работ в РНР.**

Анализируется вклад Научно-исследовательского энергетического института в области исследования почвы а также лабораторные исследования, в связи с осуществляемыми в РНР энергетическими сооружениями.

Energetica, *10* (1962) № 10, стр. 417–419

ДК 621.187.12

Ungureanu, C.: **Ощелачивание питательной воды аммиаком для предупреждения коррозий котлов высокого давления**

В статье освещаются факторы вызывающие коррозию котлов высокого давления, а также в кругообороте вода—пар и описываются практические испытания с использованием аммиака для борьбы с этим отрицательным явлением.

Energetica, *10* (1962) № 10, стр. 420–424

ДК 621.3.088.22:621.311.1

Gheorghiu, I.: **Общие погрешности измерительных групп и их влияние на погрешности подведения балланса элвктроэнергии в энергетических системах**

В статье приведены выводы касающиеся способа снижения погрешностей при подведении балланса электроэнергии в энергетических системах, выявленные в результате измерений, проведенных на одной из крупных станций Молдовской системы. Далее указывается способ сокращения общих погрешностей измерительных групп. с целью получения изменений балланснных погрешностей в допускаемых пределах.

Energetica, *10* (1962) № 10, стр. 425–433

ДК 621.3:614.8

Stein, M. и *Sterian, M.*: **Снижение опасности несчастных случаев в результате поражения током в распределительных электроэнергетических сетях низкого напряжения на строительно-монтажных работах**

Исходя от защитных схем применяемых для предотвращения контакта с деталями электрических установок, обесточенных в нормальных условиях, которые случайно могут находиться под напряжением (защита путем подключения к нулевому проводу или заземлению), автор рассматривает вопрос защиты в случае контакта с проводниками низкого напряжения.

Далее дается описание защитной релейной схемы, предупреждающей поражение током в подобных случаях, путем быстрого отключения, не нарушающего нормальной работы защиты, с помощью заземления.

Energetica, *10* (1962) № 9, стр. 433–437

ИЗ ОБЛАСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ДК 621.175

Căpățînă, V. и *Rebreanu, A.*: **Очистка паровыхкон денсаторов на ТЭЦ Парошень**

Energetica, *10* (1962) № 10, стр. 438–444

ЗАРУБЕЖНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ДК 621.311.1 (47)

Carabulea, A.: **Аспекты развития энергетических систем с СССР**

Energetica, *10* (1961) № 10, стр. 444–452

ДОКУМЕНТАЦИЯ, стр. 452–456

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.165.004.64

Dinulescu, C.: **Mögliche Bedienungsfehler beim Betrieb von Dampfturbinen**

Nach kurzem Hinweis auf die Berechnungsverfahren der thermischen Belastung bei verschiedenen Betriebszuständen, untersucht der Verfasser die im Betrieb vorkomenden Bedienungsfehler sowie die entsprechenden Vorbeugungsmassnahmen.

Energetica 10 (1962) H. 10, S. 409–416

DK 624.131 : 624.15.001.5

Budeanu, C.: **Baugrunderkundung und Laboruntersuchungen für die energiewirtschaftlichen Bauten Rumäniens**

Der Verfasser berichtet über den Beitrag der Unternehmung für Baugrunderkundung (ICSE) an dem Bau der Kraftanlagen in Rumänien.

Energetica, 10 (1962) H. 10, S. 417–419

DK 621.187.12

Ungureanu, C.: **Korrosionsabwehr bei Hochdruckdampfkesseln durch Alkalinisierung des Speisewassers mittels Ammoniak**

Es werden die im Wasser-Dampf-Kreislauf von Hochdruckdampfkesseln Korrosionserscheinungen hervorrufenden Faktoren angeführt und die Ergebnisse mit Ammoniak vorgenommener Vorbeugungsversuche erörtert.

Energetica, *10* 1962 H. 10 S. 420–424

DK 621.3.088.22 : 621.311.1

Gheorghiu, I.: **Gesamtfehler elektrischer Messätze und ihr Einfluss auf die Leistungsbilanzfehlbeträge von Verbundnetzen**

Der Aufsatz schlägt die für den Ausgleich von, infolge fehlerhafter Messungen im Verbundnetz Moldova entstandenen Leistrungsbilanzfehlbeträgen erforderlichen Massnahmen. Dabei werden auch die für Einhaltung zulässiger Grenzen der Leistungsbilanzfehlbeträge anzuwendenden Verfahren für Herabsetzung der Gesamtfehler der Messätze angegeben.

Energetica, *10* 1962 H. 10 S. 425–433

DK 621.3 : 614.8

Stein, M. und *Sterian, M.*: **Verminderung der Umfallgefahr durch elektrische Schläge in Niederspannungsverteilnetzen von Grossbaustellen**

Die Verfasser untersuchen die Frage des Berührungschutzes normalerweise spannungsfreier, zufällig unter Spannung befindlicher Teile von Niederspannungsanlage. Es wird ein Relaisschutzschaltbild beschrieben, wodurch in derartigen Fällen mittels Schnellausschaltung elektrische Schläge, ohne den normalen durch Erfdschluss erzielten Schutz auszuschliessen, vermieden werden.

Energetica, *10* (1962) H. 10, S. 433–437

AUS DEN BETRIEBEN

DK 621.175

Căpățînă, V. und *Rebreanu A.*: **Säuberung von Dampfkondensatoren im Wärmekraftwerk Paroșeni**

Energetica, *10* 1962 H. 10 S. 438–444

AUS DER KRAFTWIRTSCHAFT DES AUSLANDS

DK 621.311.1(47)

Carabulea, A.: **Betrachtungen über die Entwicklung der Verbundnetzsystheme in der UdSSR**

Energetica, *10* 1962 H. 10 S. 444–452

DOKUMENTATION, S. 452–456

SOMMAIRE

CD 621.165.004.64

Dinulescu C. : **Erreurs possibles dans l'exploitation des turbines à vapeurs**

Après avoir rappelé la méthode de calcul des sollicitations thermiques en différentes situations d'exploitation, l'auteur analyse les fautes que le personnel de l'exploitation peut commettre et indique les moyens utilisés pour les éviter.

Energetica 10 (1962) nr. 10, p. 409–416

CD 624. 131. : 624.15.001.5

Budeanu C. : **Etudes et recherches sur les travaux énergétiques de Roumanie effectuées sur place et en laboratoires**

L'article présente la contribution de l'ICSE (Entreprise d'études de terrain) aux travaux énergétiques de la Roumanie.

Energetica, 10 (1962) nr. 10, p. 417–419

CD 621.187.12

Ungureanu C. : **Alcalisation à l'ammoniaque de l'eau d'alimentation afin de prévenir la corrosion des chaudières à haute pression**

L'article énumère les facteurs qui provoquent les phénomènes de corrosion dans les chaudières à paramètres élevés et dans le circuit eau-vapeur. L'auteur présente les essais effectués à l'aide de l'ammioniaque afin d'éviter la corrosion.

Energetica, 10 (1962) nr. 10, p. 420–424

CD 621.088.22 : 621.311.1

Gheorghiu I. : **Erreurs totales des groupes de mesure et leur influence sur le déficit du bilan d'énergie électrique dans les réseaux énergetiques**

A la suite de mesures effectuées dans une station importante du réseau électrique Moldova, l'auteur propose les moyens de réduire le déficit du bilan d'énergie. L'article présente les conclusions concernant cette réduction ainsi que le moyen de réduire les erreurs totales des groupes de mesures, afin d'obtenir une variation des erreurs du bilan dans les limites admises.

Energetica, *10* (1962) nr. 10 p. 425–433

CD 621.3 : 614.8

Stein M. et *Sterian M.* : **Diminution du danger d'électrocution dans les réseaux de distribution à basse tension des chantiers de construction et de montage**

On traite le problème de la protection en cas de contact accidentel des de basse tension différentes parties d'installations électriques normalement sans tension mais qui peuvent être accidentellement mises sous tension. Les auteurs décrivent ensuite un schéma de protection par relais qui, par déclenchement rapide, évite l'électrocution dans ces cas, sans gêner le fonctionnement de la protection normale par mise à la terre.

Energetica , 10 (1962) nr. 10, p. 433–437

A L'AIDE DE L'EXPLOITATION

CD 621.175

Căpăţînă V. et *Rebreanu A.* : **Nettoyage des condensateurs à vapeur de la centrale thermique Paroşeni**

Energetica, *10* (1962) nr. 10, p. 438–444

L'ENERGETIQUE A L'ETRANGER

CD 621.311.1(47)

Carabulea A. : **Le développement des systèmes électriques en U.R.S.S.**

Energetica, *10* (1962) nr. 10, p. 449–452

DOCUMENTATION, p. 452–456

CONTENTS

DC 621.165.004.64

Dinulescu, C. : **Possible errors in the operation of steam turbines**

After having recalled the thermal stress computation methods for various working conditions, the author continues to analyse the possible errors of the operating staff and shows the methods to prevent them.

Energetica 10 (1962) No. 10, p. 409–416

DC 624.131 : 624.15.001.5

Budeanu, C. : **Site investigations and laboratory researches for power constructions in Rumania**

The author exposes the contribution of the Enterprise for Soil Research (ICSE) carried out by site investigations and laboratory research to the power constructions in Rumania.

Energetica, *10* (1962) No. 10, p. 417–419

DC 621.187.12

Ungureanu, C. : **Feed water alcalinization with ammonia to prevent corrosion in high pressure steam boilers**

The article describes the high pressure steam boilers and steam water cycle corroding agents and shows experiences made with ammonia in view to diminishing this phenomena.

Energetica, 10 (1962) No. 10, p. 420–424

DC 621.088.22 : 621 : 311.1

Cheorghiu, I. : **Total errors of the measure groups and their influence upon the electric energy balance deficit in power system**

The author gives the conclusions drawn on the method used to reduce the electric energy balance deficit in power systhems, established after measures made in a big station of the Moldova system. The article continues by describing the method applied to reduce the total errors of the measure groups in view to obtaining the balance error variation in admisible limites

Energetica, 10 (1962) No. 10, p. 425–433

DC 621.3 : 614.8

Stein, M. and *Sterian, M.* : **Increased safety against accidents by electrical stroke in the low voltage distribution networks of building and assembly yards**

Describing the protection schemes against contact for normally unenergized parts of electric installations which may be accidentally enegized, the authors analyse the protection in case of accidental contact of low voltage conductors.

Further the authors describe a protection scheme with relays avoiding electrical strokes in such cases, by rapid tripping, without disturbing the normal protection, by grounding.

Energetica, *10* (1962) No. 9, p. 433–437

AIDING THE EXPLOITATION SECTOR

DC 621.311.1(47)

Căpăţînă, V. and *Rebreanu, A.* : **Steam turbine condensers cleaning in the steam power plant Paroşeni**

Energetica, 10 (1962) No. 10, p. 438–444

ENERGETICS ABROAD

DC 621.311.1(47)

Carabulea, A. : **Some aspects of the power systems development in the U.S.S.R.**

Energetica, *10* (1962) No. 10, p. 444–452

DOCUMENTATION, p. 452–456

(Urmare de pe coperta a II-a)

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Sînt suficiente, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitent a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. El trebuie să completeze expunerea din text și va fi referit cu grijă în text, indicîndu-se sursa lui.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se vor face cu grijă, evitîndu-se excese. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. Forma exterioară a lucrării

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor.* Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, gotice etc. Numerotarea formulelor se va face în dreapta în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea.* Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A_4 și cu plicul conținînd materialul grafic ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificări importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

E 2039

R

REFERATIVA

ENERGETICA

Energetica — Vol. 10 — noiembrie 11 nr. 11/1962 — p. 457-496 — București

1962

RECOMANDĂRI PRIVIND ÎNTOCMIREA ARTICOLELOR TEHNICO-ȘTIINȚIFICE

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. *Lucrări* ce pot fi prezentate spre publicare:

1.1.1. *de importanță generală* (principii noi, dispoziții noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite ale unor fenomene fizice și procese tehnice cu caracter general);

1.1.2. *tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale*, având contribuții originale, dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilității unor dispoziții, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control);

1.1.3. *tehnice obișnuite* (expunerea stadiului unor probleme tehnico-științifice, discuții și critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. *Legătura cu practica* muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

1.3. *Verificarea experimentală* se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. *Lucrările* care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. *Organizarea* lucrării

2.1.1. *Titlul* va prezenta în minimum de cuvinte obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărțirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor și înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul*. În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției, de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obținute, cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate*. Afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrșitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziția lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. *Prezentarea* lucrării

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stil*. Redactarea va fi clară și concisă. Ortografia va fi în concordanță cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepția celor unanim recunoscute.

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Sînt suficiente, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. El trebuie să completeze expunerea din text și va fi referit cu grijă în text, indicîndu-se sursa lui.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se vor face cu grijă evitîndu-se excesele. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. *Forma exterioară a lucrării*

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități*. Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor*. Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, gotice etc. Numerotarea formulelor se va face în dreapta în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), atît speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

E 2039

ENERGETICA

ANUL 10 Nr. 11 NOIEMBRIE 1962

CUPRINS

CZ 621.2.09 (498)

Iorgulescu F. şi *Diacon A.* : **Consideraţii în legătură cu folosirea resurselor hidroenergetice ale Republicii Populare Romîne în perioada 1961—1980**

UHE posibil a fi construite în perioada 1961—1980 şi ordinea execuţiei lor sînt prezentate în baza unei scheme suficient de exacte a potenţialului tehnic amenajabil. Criteriile de alegere sînt economicitatea şi funcţiile ce urmează a fi îndeplinite de centrale în sistemul electric interconectat al ţării, luîndu-se în considerare în acelaşi timp şi alte necesităţi ale economiei naţionale.

Energetica, 10 (1962) nr. 11, p. 457—463

CZ 697.34 : 621.311.22 (498)

Stăncescu I. D. şi *Voinea M.* : **Rolul termoficării în energetica Republicii Populare Romîne**

Articolul analizează producţia combinată de energie electrică şi de căldură, care în noile condiţii de aplicare ia forme foarte eficiente, devenind una din principalele direcţii de dezvoltare a energeticii romîneşti. Aplicînd formele cele mai convenabile de producţie combinată de energie electrică şi de căldură în industrie şi pentru încălzirea industrială şi urbană, se obţin importante economii de combustibil şi condiţii mărite de confort pentru economia energetică a oraşelor.

Energetica, 10 (1962), nr. 11, p. 463—470

CZ 662.642 : 662.61

Pănoiu N., Carabogdan I., Singer G., Nistor I. şi *Ionescu C.* : **Consideraţii privind arderea ligniţilor din R.P.R.**

Articolul prezintă o descriere sumară a caracteristicilor chimice şi tehnice de ardere ale ligniţilor indigeni şi expune cercetările efectuate pentru alegerea echipamentului tehnic potrivit pentru arderea în strat, în strat fluidizat sau în pulbere. Echipamentul cel mai potrivit este recomandat pe baza analizei rezultatelor.

Energetica, 10 (1962), nr. 11, p. 470—475

CZ 621.181.8 : 621.316.74

Dinulescu C. : **Soluţii posibile pentru reglarea temperaturii de supraîncălzire în cazul arderii gazelor**

Energetica 10 (1962), rr. 11, p. 476—478

ENERGETICA PESTE HOTARE

Colţ, Gh. : **Cazanele de vîrf tip PTV-100 pentru central de termoficare**

Energetica, 10 (1962), nr. 11, p. 478—483

DIN EXPLOATARE

CZ 621.165.004

Grosz I. : **Controlul regimului de temperatură al lagăreler axiale**

Energetica, 10 (1962), nr. 11, p. 483—486

RECENZII

DOCUMENTARE

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

ENERGETICA

ANUL 10
1962
Nr. 11
NOIEMBRIE

ORGAN AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE ŞI AL CONSILIULUI NAŢIONAL AL INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R. P. R.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT 1883 OPSZAGOS

Consideraţii în legătură cu folosirea resurselor hidroenergetice ale Republicii Populare Romîne în perioada 1961—1980*

FLORIN IORGULESCU şi *ALEXANDRU DIACON*** — Bucureşti

I. Dezvoltarea producţiei de energie electrică în Republica Populară Romînă

Dezvoltarea rapidă a economiei Republicii Populare Romîne este însoţită de o creştere puternică a producţiei de energie electrică. Sarcinile planului de electrificare pentru perioada 1951-1960 au fost realizate şi depăşite, obţinînduse o dublare a producţiei de energie electrică la 5-6 ani, ritm care depăşeşte cu mult ritmul mediu mondial (dublarea la 10 ani). Aşa cum

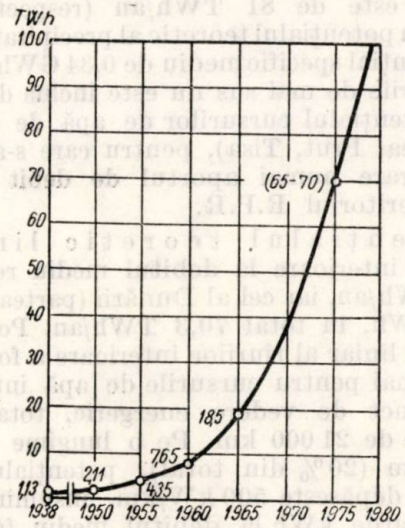


Fig. 1. Dezvoltarea producţiei de energie electrică în Republica Populară Romînă.

rezultă din figura 1, în perioada pînă în 1980 se prevede o creştere şi mai accentuată a producţiei de energie electrică.

Caracteristic este şi faptul că aşa cum se vede din tabela 1, creşterea producţiei de energie electrică va precede mereu creşterea producţiei celorlalte ramuri ale industriei.

Tabela 1

Ritmul mediu anual de creştere:	1951—1960	1961—1965	1961—1975
— al producţiei industriale, %	13	13	12
— al producţiei de energie electrică, %	13,7	17	14—15

Întrucît resurselor de combustibili superiori, petrol şi gaze naturale, li se prevede în dezvoltarea industrială a ţării o folosire neenergetică din ce în ce mai mare, în perioada 1961-1980 urmează ca ponderea energiei hidroelectrice să crească simţitor.

Centralele hidroelectrice, mai mari de 1MW în funcţiune în 1962 şi cele în curs de execuţie, totalizează 646 MW cu o producţie de energie în anul mediu de 1,73 TWh. Este de menţionat că marea majoritate a acestor centrale au fost realizate în cadrul planului de electrificare, puterea hidrocentralelor existente la începutul anului 1950 fiind de numai 56 MW (inclusiv hidrocentralele sub 1 MW).

În cadrul planului de electrificare pentru perioada 1950-1960, s-a realizat şi uzina hidroelectrică „V. I. Lenin"- Bicaz de pe rîul Bistriţa, care prin caracteristicile ei se înscrie printre marile amenajări hidroelectrice din Europa. Barajul tip de greutate, fundat în fliş, caracteristic Carpaţilor Orientali, are o înălţime de 127 m şi creează o acumulare supraanuală de 1,23 miliarde metri cubi. Centrala hidroelectrică, cu o putere de 210 000 kW, contribuie la acoperirea vîrfului de sarcină al sistemului naţional energetic cu 490 GWh/an.

* Referat trimis la a VI-a Sesiune plenară a Conferinţei Mondiale a Energiei — Melbourne, octombrie 1962.

** Conferenţiar ing. *F. Iorgulescu* este director tehnic al Institutului de studii şi proiectări energetice. Conferenţiar *Al. Diacon* este inginer specialist la acelaşi institut.

Regularizarea supraanuală a debitelor Bistriței a creat posibilitatea amenajării cursului inferior al Bistriței printr-o serie de 12 centrale foarte economice, de cădere mică, variind între 15 și 27 m, care vor dispune de o putere instalată totală de circa 250 MW și o producție de energie în anul mediu de circa 900 GWh. Din aceste centrale, șapte sînt în stadiu avansat de construcție.

Totodată, marele lac de acumulare de pe Bistrița asigură debitele de apă care vor permite irigarea unor suprafețe de peste 300 000 ha.

Dintre uzinele care intră în funcțiune în perioada 1960-1965, cea mai importantă uzină hidroelectrică în construcție este uzina „16 Februarie" de pe rîul Argeș, prevăzută cu un lac de acumulare de circa 450 milioane metri cubi, realizat de un baraj în arc de 165 m și o centrală subterană cu o putere instalată de 220 MW. Acumularea realizată va fi folosită complex și pentru mărirea substanțială a debitelor de apă potabilă, industrială și sanitară necesară orașului București, precum și pentru extinderea suprafețelor irigate în bazinul Argeș cu 100 000 ha.

II. Resursele hidraulice ale Republicii Populare Romîne

Hidrografia. Aproape toate cursurile de apă din R.P.R. izvorăsc din Carpați și aparțin bazinului Dunării (95% din teritoriul țării). Ele sînt caracterizate printr-o dispoziție radială, explicată prin construcția orografică a țării. Lungimea totală a rîurilor cu scurgere permenentă este de 115 000 km, ceea ce reprezintă o densitate de 0,49 km/km². Din punctul de vedere al repartiției densității rîurilor pe verticală, este de remarcat că în zonele de cîmpie și în zonele alpine densitatea este mai mică (0,3, respectiv 0,3-0,5 km/km²), iar în regiunile muntoase densitatea crește la 1,0-1,2 km/km². Toate rîurile principale sînt caracterizate prin pante mari în cursul superior, în regiunile de munte (150-300‰); pantele scad în regiunile de dealuri la 5-10‰, iar în cîmpie ele nu depășesc 0,5-1‰. Datorită apropierii Dunării de lanțul muntos, rîurile au o lungime relativ mică și intră în categoria cursurilor de apă mijlocii.

Dunărea, al doilea fluviu din Europa ca lungime și debit, curge pe o lungime de 1075 km (38% din lungimea totală) în limitele R.P.R.

Debitul mediu total al rîurilor interioare este de aproximativ 1 200 m³/s, iar al Dunării la intrarea în țară de 5 450 m³/s. Precipitațiile medii anuale reprezintă 660 mm, iar temperatura medie anuală în R. P. R. este de 9,2°C. Bilanțul hidrologic al rîurilor interioare arată că pierderile prin evaporație sînt de circa 499 mm ceea ce duce la un coeficient de scurgere mediu pe întreg teritoriul R.P.R. de 0,24. Debitele specifice medii variază în limite foarte largi de la 50 l/s/km² în zonele de munte pînă la 1 l/s/km² în regiunile de șes. Repartiția în timp a debitelor este caracterizată prin debite mari în aprilie, mai, iunie provenite din topirea zăpezilor și din ploile de primăvară, și prin debite scăzute vara (august, septembrie) și iarna (decembrie ianuarie, februarie). În lunile octombrie și noiembrie se produce o creștere a debitelor, datorită precipitațiilor de toamnă.

Potențialul hidroenergetic teoretic. Studiile sistematice asupra potențialului hidroenergetic au început în anul 1951, atunci cînd s-a pus pe linie de stat problema dezvoltării folosirii apelor, în cadrul planului de electrificare.

În inventarierea potențialului hidroenergetic s-au utilizat metodele curente la care s-au adus unele îmbunătățiri. De exemplu potențialul teoretic de precipitații și de scurgere s-a determinat atît prin metoda cursurilor cît și prin calcularea energiei în punctele de intersecție a izoliniilor de precipitații și de scurgere cu izohipsele, obținîndu-se rezultate similare însă cu efectuarea unui volum de calcule mult mai redus.

Potențialul teoretic al precipitațiilor, stabilit pe baza izoliniilor echipotențiale, este de 240 TWh/an. Potențialul specific al precipitațiilor variază între 6 și 0,25 GW/km²/an și are valoarea medie pentru teritoriul R.P.R. de 1,01 GWh/km²/an.

Potențialul teoretic de scurgere este de 81 TWh/an (respectiv circa 34% din potențialul teoretic al precipitațiilor), cu un potențial specific mediu de 0,34 GWh/km²/an. În valorile de mai sus nu este inclus decît parțial potențialul cursurilor de apă de frontieră (Dunărea, Prut, Tisa), pentru care s-a luat în considerare numai aportul de debit ce vine după teritoriul R.P.R.

Potențialul teoretic liniar al rîurilor interioare la debitul mediu reprezintă 51,8 TWh/an, iar cel al Dunării (partea R. P. R) 18,5 TWh, în total 70,3 TWh/an. Potențialul teoretic liniar al rîurilor interioare a fost calculat numai pentru cursurile de apă interesante din punct de vedere energetic, totalizînd o lungime de 21 000 km. Pe o lungime de circa 4 000 km (20% din total), potențialul liniar specific depășește 500 kW/km, însumînd circa 33 miliarde kWh la debitul mediu (65% din potențialul total al rîurilor interioare), iar pe o lungime de circa 750 km (4% din total) potențialul liniar specific este mai mare de 1 000 kW/km, însumînd aproximativ 10 miliarde kWh la debitul mediu (20% din potențialul total al rîurilor interioare). Pe bazine, potențialul teoretic liniar este prezentat în tabela 3. Se menționează că potențialul teoretic liniar s-a calculat pe baza ridicării topografice a profilului în lung al rîurilor și pe hidrografia directă și indirectă a acestora, bazată pe o

rețea hidrometrică relativ bogată, la care există măsurători pe un număr de ani suficient de mare.

Potențialul hidroenergetic tehnic amenajabil. Potențialul hidroenergetic tehnic amenajabil al R.P.R. a fost calculat în cadrul Institutului de studii și proiectări energetice pe baza alcătuirii unor scheme de amenajare pentru toate cursurile de apă mai importante. Aceste scheme de amenajare s-au bazat, pentru majoritatea bazinelor (inclusiv toate bazinele cu potențial mai ridicat), pe ridicări topografice speciale și cercetări geologice relativ adîncite (galerii, foraje, puțuri), iar pentru restul bazinelor pe baza unor date de teren mai sumare (hărți 1 :5 000 și 1 : 25 000, recunoașteri geologice). Schemele de amenajare au fost întocmite pentru sectoarele de rîu cu un potențial liniar specific de peste 300 kW/km. În calcul nu au fost incluse centralele sub 2 MW. Pentru fiecare uzină hidroelectrică s-au stabilit orientativ parametrii energetici, volumele de lucrări și indicii energo-economici.

Este de remarcat că la elaborarea schemelor de amenajare s-a urmărit ca, în cazurile în care tehnic s-a dovedit posibil și economic oportun, să se realizeze lacuri de acumulare importante în vederea folosirii complexe a apei (pentru energie, irigații, alimentări pentru nevoi edilitare și industriale) și uzine hidroelectrice care să poată contribui la acoperirea vîrfului grafic de sarcină.

Potențialul tehnic amenajabil total reprezintă 52% din potențialul teoretic liniar, valoare de același ordin de mărime cu cel din alte țări — de exemplu în U.R.S.S. aproximativ 50% [1, p. 240], dar sensibil mai ridicată decît valoarea medie mondială, care se admite ca fiind aproximativ 30 — 40% [1, p. 10].

Pe bazine și pe total, situația este prezentată în tabela 2.

Valorile din tabela 2 corespund unui număr de aproximativ 500 uzine hidroelectrice, avînd o putere instalată totală de circa 10 500 MW (la hidrocentralele de pe Dunăre și Prut s-a luat în considerare numai cota de putere ce revine R.P.R.).

Aceste uzine hidroelectrice sînt incluse în planurile de amenajare complexă (pentru producerea de energie, irigații, alimentări cu apă potabilă și industrială, piscicultură, transportul pe apă, combaterea inundațiilor), pe care le elaborează Comitetul de stat al apelor din R.P.R.

Pe rîurile interioare se pot amenaja uzine hidroelectrice avînd o putere instalată de circa 8 000 MW. La aproape jumătate din aceste uzine hidroelectrice se prevăd lacuri de acumu-

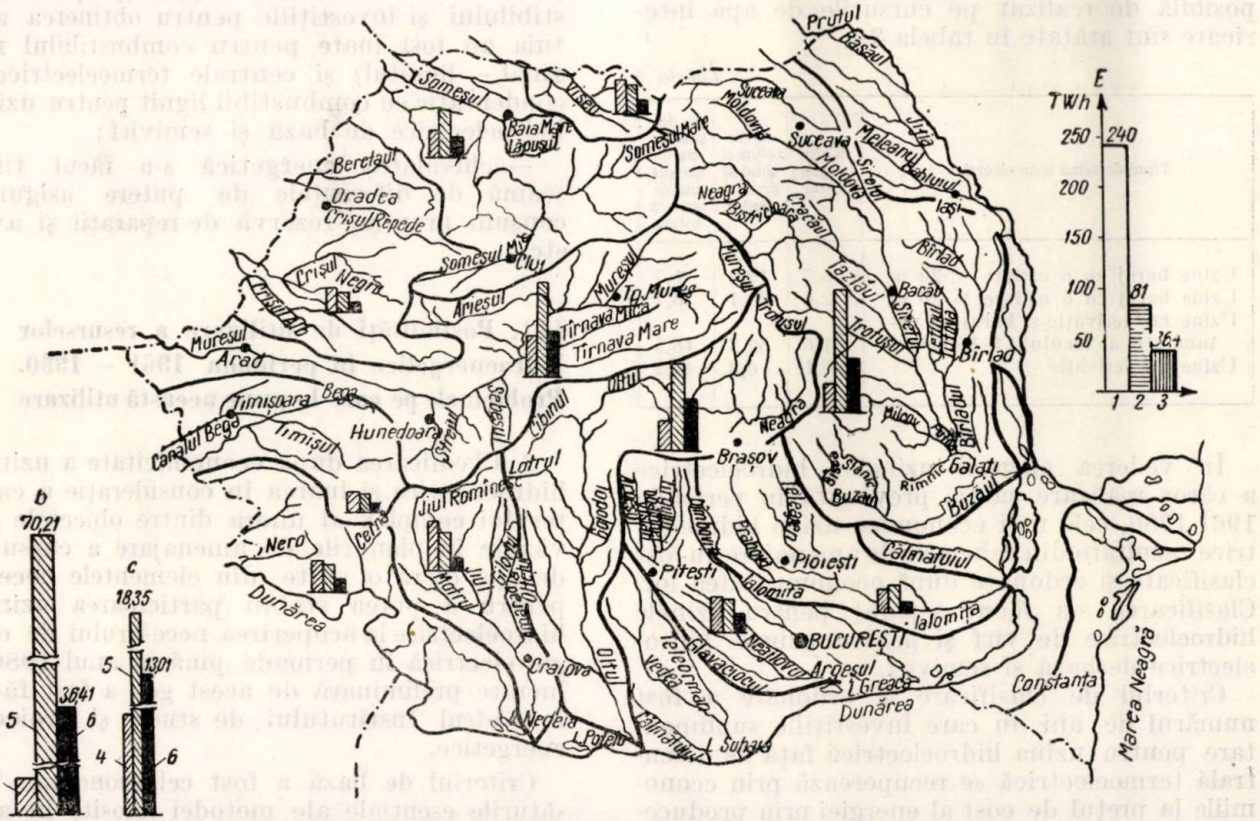


Fig. 2. Repartiția potențialului hidroenergetic pe bazinele rîurilor din Republica Populară Romînă:

a — valorile potențialului hidroenergetic pe R.P.R.; *1* — potențialul precipitațiilor; *2* — potențialul de scurgere; *3* — potențialul tehnic amenajabil; *b* — potențialul hidroenergetic total R.P.R.; *4* — potențialul teoretic liniar specific la debitul mediu; *5* — potențialul teoretic liniar total la debitul mediu; *6* — potențialul tehnic amenajabil; *c* — potențialul hidroenergetic al Dunării (partea R.P.R.).

Tabela 2

Bazinul	Lungimea totală a cursurilor de apă	Potențialul teoretic liniar specific, la debitul mediu, kW/km		Potențialul teoretic liniar total la debitul mediu, GWh/an	Potențialul tehnic amenajabil	
		maxim	mediu		GWh/an	% din potențialul liniar teoretic
1	2	3	4	5	6	7
Tisa superioară (cota R.P.R.)	1 010	2 660	301	2 670	1 075	40,0
Someș	1 930	3 100	260	4 370	1 532	35,1
Crișuri	1 026	660	215	1 920	888	46,5
Mureș	2 593	2 570	400	9 010	4 410	49,0
Timiș, Bega, Bîrzava	951	1 300	210	1 790	847	47,0
Caraș, Nera, Cerna	1 013	1 430	295	2 620	1 072	41,0
Jiu	813	2 000	475	3 410	1 193	35,1
Olt	3 346	6 610	290	8 500	4 810	56,7
Argeș	1 075	1 130	335	3 150	1 456	46,2
Ialomița	1 230	2 200	210	2 270	735	32,4
Siret	5 060	2 650	265	11 630	5 312	45,7
Prut (cota R.P.R.)	1 394	430	43	520	68	13,0
Total cursuri de apă interioare	21 441	6 610	280	51 860	23 398	45,0
Dunăre (cota (R.P.R.)	1 072	27 000	1 360	18 350	13 015	71,0
Total general R.P.R. (rotund)	22 500	—	—	70 210	36 413	52,0

lare cu o capacitate utilă totală de aproape opt miliarde metri cubi.

Ponderea specifică a uzinelor hidroelectrice de diferite tipuri față de numărul total de uzine hidroelectrice pe cursurile de apă interioare, volumul util total al acumulărilor, puterea instalată totală și producția medie anuală totală de energie a uzinelor hidroelectrice posibilă de realizat pe cursurile de apă interioare sînt arătate în tabela 3.

Tabela 3

Tipul de uzină hidroelectrică	% din număr total	% din volumul total al acumulărilor	% din producția de energie medie anuală totală
Uzine baraj cu o cădere < 20 m	5,7	19,3	1,7
Uzine baraj cu o cădere > 20 m	2,6	28,1	6,7
Uzine cu derivație și baraj cu volum util al lacului, $1 \cdot 10^6 m^3$	31,6	52,3	48,5
Uzine de derivație	60,1	0,3	43,1

În vederea alegerii uzinelor hidroelectrice a căror realizare să fie prevăzută în perioada 1961-1980, cele mai economice uzine hidroelectrice rezultate din schemele de amenajare au fost clasificate și ordonate după economicitatea lor. Clasificarea s-a făcut separat pentru uzinele hidroelectrice de vîrf și pentru uzinele hidroelectrice de bază și semivîrf.

Criteriul de clasificare și ordonare a fost numărul de ani în care investițiile suplimentare pentru uzina hidroelectrică față de o centrală termoelectrică se recuperează prin economiile la prețul de cost al energiei prin producerea energiei în uzine hidroelectrice în loc de centrale termoelectrice. Sînt de subliniat următoarele :

— în investițiile pentru centrale termoelectrice s-au inclus și investițiile suplimentare pentru extracția și transportul combustibilului ;

— ținînd seama de condițiile concrete ale R.P.R. centralele termoelectrice de comparație au fost pentru uzinele hidroelectrice de vîrf centrale cu turbine cu gaze (prețul combustibilului și investițiile pentru obținerea acestuia au fost luate pentru combustibilul marginal — lignitul) și centrale termoelectrice de condensație cu combustibil lignit pentru uzinele hidroelectrice de bază și semivîrf ;

—echivalarea energetică s-a făcut ținînd seamă de diferențele de putere asigurată, consum propriu, rezervă de reparații și avarii etc.

III. Posibilități de utilizare a resurselor hidroenergetice în perioada 1961 — 1980. Problemele pe care le pune această utilizare

1. Clasificarea după economicitate a uzinelor hidroelectrice și luarea în considerație a caracterului complex al unora dintre obiectele prevăzute în planurile de amenajare a cursurilor de apă oferă o parte din elementele necesare pentru a putea stabili participarea uzinelor hidroelectrice la acoperirea necesarului de energie electrică în perioada pînă în anul 1980. O lucrare preliminară de acest gen a fost făcută în cadrul Institutului de studii și proiectări energetice.

Criteriul de bază a fost cel economic. Trăsăturile esențiale ale metodei folosite în acest scop sînt descrise într-un raport prezentat la Sesiunea parțială din anul 1960 a Conferinței mondiale a energiei [2].

În plus s-au luat în considerație :

— condițiile concrete ale balanței de energie primară a Republicii Populare Romîne, și în primul rînd partea din volumul producției de cărbune, petrol și gaze care poate fi destinată producerii de energie electrică, și existența unor resurse hidroenergetice economice relativ importante, încă neutilizate ;

— rolul de rezervă de avarie și de reglare a frecvenței pentru sistemul energetic care este indicat să fie dat în mare parte uzinelor hidroelectrice ;

— avantajele tehnice de exploatare pe care le au uzinele hidroelectrice de vîrf față de alte tipuri de centrale electrice destinate acoperirii acestei părți a graficului de sarcină ;

— necesitatea de a instala în această perioadă importante puteri în centrale electrice destinate producerii combinate de energie electrică și căldură pentru consumul industrial și urban și faptul că aceste centrale vor funcționa după un grafic impus ;

— folosirea pentru producerea de energie electrică a șlamului și deșeurilor de la prepararea cărbunelui destinat acoperirii necesităților altor ramuri ale economiei naționale decît energia electrică ;

— faptul că o parte din actualele termocentrale — cele de putere mai mică și cu parametri mai puțin ridicați — sînt împinse, prin realizarea unor mari termocentrale moderne, către vîrful graficului de sarcină ;

— faptul că realizarea unora dintre uzinele hidroelectrice se justifică economic o dată cu construcția unor amenajări a cursurilor de apă pentru irigații, alimentări cu apă industrială și potabilă, iar a altora este rațională din punct de vedere al execuției concomitente cu alte amenajări hidroelectrice pe același curs de apă, sau necesară pentru a putea realiza parametrii altor uzine hidroelectrice economice făcînd parte din același ansamblu.

Rezultatele arată posibilitatea unei utilizări mult mai accentuate a potențialului hidroenergetic al țării ; actualmente potențialul tehnic amenajabil este utilizat într-o proporție de circa 2,5%.

2. Schemele de amenajare hidroelectrică ale rîurilor din R.P.R. prevăd amenajarea de uzine de vîrf sau de bază, funcție de gradul de regularizare al debitelor în acumulările create în partea superioară a bazinului și de regimul necesităților de apă în aval pentru alte folosințe (irigații, industrie, navigație etc.).

Schemele preliminare întocmite au permis să se tragă concluzia că, din totalul potențialului hidroenergetic tehnic amenajabil de 36,4 TWh, 37% poate fi utilizat în uzine cu caracter de vîrf, cu o putere totală de circa 5500 MW, iar restul în uzine cu caracter de bază, cărora le corespunde o putere instalată de circa 5 000 MW (în aceste cifre este cuprinsă și cota R.P.R. din potențialul Dunării).

Clasificarea centralelor după putere și după economicitate, rezultate pe baza studiilor preliminare de ansamblu, este arătată în tabela 4 pentru uzinele hidroelectrice de vîrf și în tabela 5 pentru uzinele hidroelectrice de bază.

Tabela 4

Uzine hidroelectrice de vîrf *

Puterea centralelor de vîrf, MW	Numărul total al centralelor	% din energia totală de vîrf tehnic amenajabilă	Numărul centralelor de vîrf considerate în prezent economic avantajoase	Cota din producție de energie în % din coloana (3) considerată economic avantajoasă
1	2	3	4	5
$P_i > 100$	10	36	10	100
$P_i = 50 - 100$	14	21	10	75
$P_i = 20 - 50$	42	24	21	57
$P_i = 10 - 20$	37	10	12	35
$P_i = 5 - 10$	51	7	12	25
$P_i = 1 - 5$	28	2	3	18
Total	182	100	68	69

* În tabelă nu au fost incluse centralele hidroelectrice actualmente în funcțiune.

Tabela 5

Uzine hidroelectrice de bază *

Puterea centralelor de bază, MW	Numărul centralelor	% din energia totală de bază tehnic amenajabilă	Numărul centralelor de bază considerate în prezent economic avantajoase	Cota din producția de energie în % din coloana (3) considerată economic avantajoasă
1	2	3	4	5
$P_i > 100$	5	52	5	100
$P_i = 50 - 100$	—	—	—	—
$P_i = 20 - 50$	20	10	13	64
$P_i = 10 - 20$	67	18	39	61
$P_i = 5 - 10$	106	13	51	48
$P_i = 1 - 5$	153	7	41	24
Total	351	100	149	77

* În tabelă nu au fost incluse centralele hidroelectrice actualmente în funcțiune.

Analiza, în continuare, a economicității diferitelor hidrocentrale din cele considerate ca avantajoase a dus la următoarele concluzii cu privire la centralele ce ar putea fi realizate în perioada 1961-1980 :

— instalarea în uzine de vîrf a mai mult de jumătate din puterea ce se va instala în uzine hidroelectrice ;

— construirea unor uzine de vîrf puternice, de mare cădere, cu derivație, în special în regiunile de munte, uzine dotate cu mari lacuri de acumulare, care vor realiza o regularizare supraanuală a debitelor și vor da un grad mare de asigurare puterii instalate la aceste uzine și la uzinele din aval ;

— construirea în aval de uzinele cu lacuri mari de acumulare a unor uzine hidroelectrice

de tip fluvial sau pe canale, în cascadă, prin care se realizează amenajarea integrală a cursului de apă respectiv;

— dimensionarea uzinelor hidroelectrice ca uzine de vîrf atunci cînd, pe lîngă lacul de acumulare, de cap, mai există şi posibilitatea creării unui lac propriu, care poate face o regularizare zilnică;

— derivarea, în cazul uzinelor de mare cădere, a debitelor bazinelor învecinate şi culegerea, prin captări secundare, a afluenţilor rîului cu puncte de confluenţă în aval de lacul de acumulare;

— amenajarea sectoarelor de cîmpie ale rîurilor mari prin uzine cu caracter de bază sau semibază în cascadă;

— folosirea lacurilor de acumulare ale uzinelor hidroelectrice şi pentru asigurarea apei necesare altor ramuri ale economiei naţionale.

Paralel cu utilizarea energetică a rîurilor, dezvoltarea puternică a industriei şi agriculturii, ca şi a centrelor locuite, precum şi creşterea gradului de satisfacere a nevoilor de apă ale populaţiei au pus problema realizării unor acumulări importante, prin care să se regularizeze debitele şi să se mărească gradul de asigurare a debitelor furnizate pentru necesităţile arătate mai sus. Numeroase lacuri de acumulare şi construcţii hidrotehnice de captare la care se creează cădere se încadrează în scheme şi planuri de amenajare a cursurilor de apă, care prevăd folosirea complexă a resurselor hidraulice respective pentru energetică, agricultură, alimentări cu apă, transport, combaterea inundaţiilor etc.

3. La începutul acestui raport s-au prezentat prevederile privitoare la dezvoltarea în perspectivă a producţiei de energie electrică, care marchează un ritm rapid şi valori absolute mari. Participarea energiei hidroelectrice la acoperirea acestor prevederi, într-un procent mult ridicat decît cel actual, presupune realizarea în perioada 1961-1980 a unui important program de construcţii de uzine hidroelectrice.

Caracterul planificat al economiei Republicii Populare Romîne face posibilă şi luarea din timp a măsurilor care sînt necesare pentru realizarea programelor respective. În legătură cu aceasta este de remarcat că executarea cercetărilor de teren, a proiectelor şi lucrărilor de construcţie şi montaj se face de întreprinderi de stat, conduse şi coordonate de acelaşi organ central de stat prin care se asigură şi finanţarea din fondurile centralizate a tuturor lucrărilor pentru producerea şi transportul energiei electrice.

Planificarea executării lucrărilor se face pe bază de justificări tehnico-economice de detaliu ale fiecărei uzine în parte, volumul lucrărilor de construcţii şi montaj fiind în permanentă creştere, cu un procent anual de creştere aproximativ egal cu cel al producţiei de energie. Aceasta permite dezvoltarea armonioasă atît a institutelor de studii şi cercetări, care efectuează studiile hidrologice, topografice, geologice, geotehnice etc., cît şi a institutelor de proiectare şi a întreprinderilor de construcţii şi montaj, care, datorită creşterii progresive a problemelor ce le au de rezolvat, pot să-şi însuşească temeinic, teoretic şi practic problemele specifice ale acestui gen de lucrări.

Trebuie remarcat faptul că lucrările realizate au fost în cea mai mare parte proiectate de specialişti formaţi în ţară, iar cele în curs de realizare se proiectează integral de specialiştii romîni.

La proiectarea uzinelor hidroelectrice s-a folosit în mare măsură tipizarea construcţiilor şi a echipamentelor hidromecanice şi electrice, ceea ce aduce după sine avantaje mari economice şi reduce timpul de execuţie. În această privinţă trebuie menţionată schema aleasă pentru amenajarea cursului inferior al rîului Bistriţa, unde la 12 centrale s-au realizat trei tipuri de baraje şi prize de apă, două tipuri de derivaţii şi patru tipuri de centrale, inclusiv echipamentele hidroenergetice aferente.

Eşalonarea execuţiei centralelor hidroelectrice se face astfel încît colectivele de constructori specializaţi să treacă în mod organizat, continuu, de la un şantier la altul, obţinîndu-se astfel o permanentă ridicare a productivităţii muncii, o folosire raţională a utilajelor de construcţii şi deci reducerea costului investiţiei.

Pînă în anul 1960, echipamentul electric şi hidromecanic al uzinelor hidroelectrice puse în funcţiune a fost, cu excepţia grupurilor mici, importat.

Dezvoltarea industriei constructoare de maşini a Republicii Populare Romîne şi experienţa de fabricare dobîndită pînă în prezent au făcut posibil ca, pe baza programului de realizare de uzine hidroelectrice, să se ia măsuri pentru a se asigura fabricarea în R.P.R. a celei mai mari părţi din turbinele, generatoarele, vanele etc. necesare pentru echiparea uzinelor hidroelectrice ce se vor realiza pînă în anul 1980.

Realizarea programului de construcţii hidroenergetice va cere eforturi economice, tehnice şi organizatorice. Dezvoltarea impetuoasă a economiei R. P. R. va face posibile, fără îndoială, depunerea acestor eforturi şi realizarea cu succes a programului de folosire într-o proporţie tot mai mare a potenţialului hidroenergetic al R.P.R.

Concluzii

Necesităţile de dezvoltare a economiei naţionale a Republicii Populare Romîne impun o importantă creştere a producţiei de energie electrică, într-un ritm deosebit de ridicat. Ba-

lanța resurselor energetice indică posibilitatea unei utilizări mult mai accentuate, în perioada 1961-1980, a potențialului hidroenergetic al țării; actualmente potențialul tehnic amenajabil este utilizat într-o proporție de circa 2,5%.

Pe baza unei inventarieri suficient de exacte a potențialului tehnic amenajabil se pot stabili uzinele hidroelectrice care urmează să fie construite în perioada 1961-1980 și ordinea de realizare a lor. Pentru aceasta, criteriile principale vor fi criteriul economic și criteriul funcțional. Un număr important dintre amenajările prevăzute se disting prin caracterul lor complex, ele satisfăcînd în același timp și alte necesități ale economiei naționale (irigații, alimentări cu apă etc.).

Caracterul planificat al economiei naționale a Republicii Populare Romîne face posibilă atît stabilirea suficient de exactă a dezvoltării producției de energie electrică în general, și de construire a amenajărilor hidroelectrice în particular, cît și luarea din timp a măsurilor tehnice și organizatorice care să asigure realizarea programului de construcție.

Bibliografie

[1] *Energhetika mira*, Moscova, 1957.

[2] Schwefelberg, A., Popovici, T. și Cogălniceanu, A.: *Méthode pour la détermination de la proportion optima dans l'utilisation des différentes ressources énergetiques pour la production de l'énergie électrique.* Rapport II/8 à la Session Partielle de Madrid, 1960, de la Conférence Mondiale de l'Energie.

Rolul termoficării în energetica Republicii Populare Romîne*

*IOAN D. STĂNCESCU și MIRCEA VOINEA***

Creșterea substanțială a consumului de energie sub toate formele, ca urmare a dezvoltării multilaterale a economiei naționale a Republicii Populare Romîne în viitorii ani, conduce la solicitări deosebit de mari ale rezervelor de resurse energetice primare și implică eforturi importante pentru mărirea contribuției diferitelor resurse.

Cu toate că aportul energiei hidraulice se va dezvolta simțitor și se apreciază ca necesar la un moment dat și un anumit aport al energiei nucleare, pentru un interval de timp încă destul de îndepărtat combustibilii vor constitui resursele energetice primare care vor interveni cu cea mai mare pondere în balanța energetică globală a țării. În această situație, se impune o gospodărire cît mai adecvată a acestor resurse energetice primare.

Progresul tehnic aduce cu sine o activare a proceselor industriale însoțită de cele mai multe ori și de un consum mai mare de energie utilă. Acesta poate fi datorit unor cereri noi sau mărite, schimbării parametrilor de consum sau poate proveni din înlocuirea unei forme de energie printr-o altă formă mai eficientă din punct de vedere tehnologic. În mod similar, trecerea la forme superioare de organizare a muncii și ameliorarea condițiilor de muncă și de trai determină creșteri ale cererii de energie.

Cu toate că cererile de energie utilă pot crește considerabil din aceste cauze, există încă mari posibilități ca printr-o raționalizare a consumului, adică prin alegerea corespunzătoare a parametrilor și mărimii aparatelor consumatoare, precum și prin eșalonarea funcționării lor în timp, să se realizeze condiții de consum cu repercusiuni foarte favorabile asupra mărimii energiei utile absorbite de consumatori.

Și pe restul lanțului energetic dintre sursă și consum se pot alege astfel de forme intermediare de energie și astfel de condiții de transport și transformare, încît cheltuiala de energie primară să devină minimă. Cu acestea se epuizează însă măsurile posibile pentru ameliorarea eficienței folosirii resurselor energetice primare de-a lungul unui lanț energetic. Deși importante, ameliorările posibile de obținut pe această cale sînt în general plafonate de anumite limite fizice ale proceselor respective sau limitate la o măsură optimă de considerente economice.

Ameliorări în continuare nu se mai pot obține decît prin intervenții calitativ noi în desfășurarea proceselor energetice. O cale promițătoare în această direcție este cea a îmbinării sau combinării a două sau mai multe procese energetice și tehnologice, în așa fel încît, prin folosirea complexă a combustibilului, randamentul comun obținut să fie superior randamentelor realizabile la desfășurarea separată a proceselor respective.

În cele ce urmează se vor prezenta aspectele noi intervenite în dezvoltarea energeticii romînești prin introducerea pe scară largă a unui asemenea proces combinat, și anume a termoficării, adică a producerii combinate de energie

* Raport trimis la a VI-a Sesiune plenară a Conferinței Mondiale a Energiei—Melbourne, octombrie 1962.

** Ing. *Ioan D. Stăncescu* este profesor la Institutul politehnic București și șef de sector în Ministerul Minelor și Energiei Electrice—Direcția electrificării—iar ing. *Mircea Voinea* este șef de atelier la Institutul de studii și proiectări energetice.

electrică și de căldură, într-o centrală electrică de termoficare (CET), căldura astfel produsă fiind apoi distribuită centralizat printr-o rețea de termoficare.

1. Oportunitatea termoficării în condițiile țării noastre

Prin termoficare se ating două categorii de obiective : se realizează o substanțială economie de combustibil față de soluția producerii separate a energiei electrice în centrale electrice cu condensație și a căldurii în cazane individuale din clădiri sau în centrale termice locale și se livrează căldura printr-un sistem centralizat de distribuție, cu toate avantajele de continuitate, economicitate și confort de folosință, specifice unei alimentări publice. Astfel, avantajele care decurg din acest proces complex sînt, pe de o parte, economice, iar pe de altă parte, de ordin igienic și social.

Cele mai importante avantaje economice sînt cele generate de realizarea economiei de combustibil și anume :

— reducerea prețului de cost al căldurii și energiei electrice produse în comun prin consumarea în ansamblu a unei cantități mai mici de combustibil decît în cazul producerii separate a celor două forme de energie ;

— reducerea efortului de investiții în instalațiile de extracție și în cele de transport, într-o măsură corespunzătoare combustibilului economisit, deoarece capacitatea respectivă nu mai trebuie instalată ;

— reducerea apelului la rezervele de combustibil.

Pe lîngă aceste avantaje mai sînt de citat cele care decurg din concentrarea investițiilor și a exploatării, precum și cele legate de posibilitatea unei eventuale treceri la un combustibil care poate fi ars concentrat în cazanele CET, dar care ar fi fost impropriu pentru utilizarea descentralizată pentru producerea căldurii în multe puncte de ardere.

În cazul termoficării urbane, adică al alimentării centralizate a unei aglomerații urbane cu căldura produsă combinat cu energia electrică în CET, pe lîngă avantajele economice menționate, mai apar și avantaje de ordin igienic și social, de o importanță crescîndă atunci cînd orașele se dezvoltă spre un grad de confort din ce în ce mai ridicat.

Ritmul de dezvoltare foarte ridicat al producției industriale și al construcției de locuințe în curs în Republica Populară Romînă creează condiții deosebit de favorabile dezvoltării termoficării atît industriale cît și urbane. Apar simultan baze puternice de consum termic și cereri masive de putere și energie electrică, adică condiții în care avantajele economice, igienice și sociale ale termoficării se pot valorifica la maximum. Aceste condiții nu sînt influențate negativ nici de prezența sau posibilitatea alimentării orașelor cu gaz natural, întrucît după cum s-a arătat într-un raport anterior [1], din cauza situației specifice a combustibililor în R.P.R., termoficarea își păstrează eficacitatea sa economică și în aceste împrejurări.

2. Economia de combustibil ca factor determinant pentru oportunitatea termoficării

Eficacitatea economică a termoficării este determinată mai ales de economia de combustibil realizabilă prin aplicarea ei. De aceea, în aprecierea acestei economii, trebuie puse în evidență toate elementele interesînd, în vreun fel oarecare, ansambul economiei naționale. Astfel, pe lîngă efectele directe ale acestei economii, exprimate în reducerea prețului de cost al celor două forme de energie, trebuie determinată și avută în vedere și reducerea efortului de investiții în sectorul extracției combustibililor și al transportului lor.

În această privință, este esențial să se stabilească care este combustibilul a cărui extracție se diminuează efectiv datorită economiei ΔB. Acesta poate fi sau direct combustibilul care s-ar arde altfel în plus la CTE sau centralele termice lucrînd separat, fie un alt combustibil, mai scump, la care nu se mai face apel întrucît se înlocuiește cu combustibilul economisit. În acest mod, economia de combustibil realizabilă prin termoficare poate avea repercusiuni importante asupra balanței energetice globale a țării.

În general, economia de combustibil realizabilă prin termoficare se exprimă prin relația :

$$\Delta B = E_T\,(b_{CTE} - b_T) + \\ + Q\left(\frac{1}{\eta_{CT}} - \frac{1}{\eta_c\,\eta_{rt}}\right) - E^{cd}_{CET}(b_{CTE} - b^{cd}_{CET}),\ \text{kcal/an} \quad (1)$$

în care :

ΔB reprezintă economia de combustibil realizată anual, kcal/an ;

E_T — energia electrică produsă anual în regim de termoficare pur, kWh/an ;

E^{cd}_{CET} — energia electrică produsă anual în părțile de condensație ale grupurilor de termoficare, kWh/an ;

b_{CTE} — consumul specific de combustibil mediu anual în centralele de condensație din sistem, kcal/kWh ;

b_T — consumul specific de combustibil mediu anual pentru energia electrică produsă în regim de termoficare pur, kcal/kWh ;

b^{cd}_{CET} — consumul specific de combustibil mediu anual pentru energia electrică produsă în condensație în grupurile de termoficare, kcal/kWh;

Q — cantitatea de căldură livrată anual la consumatori, kcal/an

η_c — randamentul mediu anual al producerii căldurii în centrala de termoficare;

η_{rt} — randamentul mediu anual al transportului și distribuției căldurii prin rețeaua de termoficare;

η_{CT} — randamentul mediu anual al producerii căldurii în centrale termice.

Primul termen din relația (1) are totdeauna o influență pozitivă, mărimea efectului său depinzînd, pe de o parte, de cantitatea de energie electrică ce se produce în regim de termoficare pur, iar pe de altă parte, de diferența între consumul specific de căldură în marile centrale de condensație din sistemul electroenergetic și cel în regim de termoficare pur. Această diferență are însă o tendință de scădere, pe măsură ce noile CTE se realizează cu grupuri mai mari și cu parametri mai ridicați. Totuși, după cum rezultă din figura 1, valoarea acestei diferențe mai este încă importantă, față de condițiile celor mai noi CTE acum în construcție în R.P.R., ea fiind ca valoare medie anuală încă de ordinul 1 500 kcal/kWh.

Al doilea termen din relația (1) are și el o influență pozitivă, efectul său depinzînd esențial de nivelul randamentelor din instalațiile separate de producere a căldurii față de valorile randamentelor cazanelor din CET, precum și de mărimea pierderilor de căldură în rețeaua de termoficare. În general, posibilitatea folosirii în viitor a unor cazane în instalațiile separate, cu randamente foarte apropiate, mai ales în cazul combustibilului gazos sau lichid, de cele din CET, va reduce mult aportul termenului al doilea din relația (1), aport care în condițiile instalațiilor actualmente în funcțiune în țara noastră este încă substanțial. Chiar în aceste cazuri însă, rămîn neatinse celelalte avantaje legate de o alimentare centralizată cu căldură.

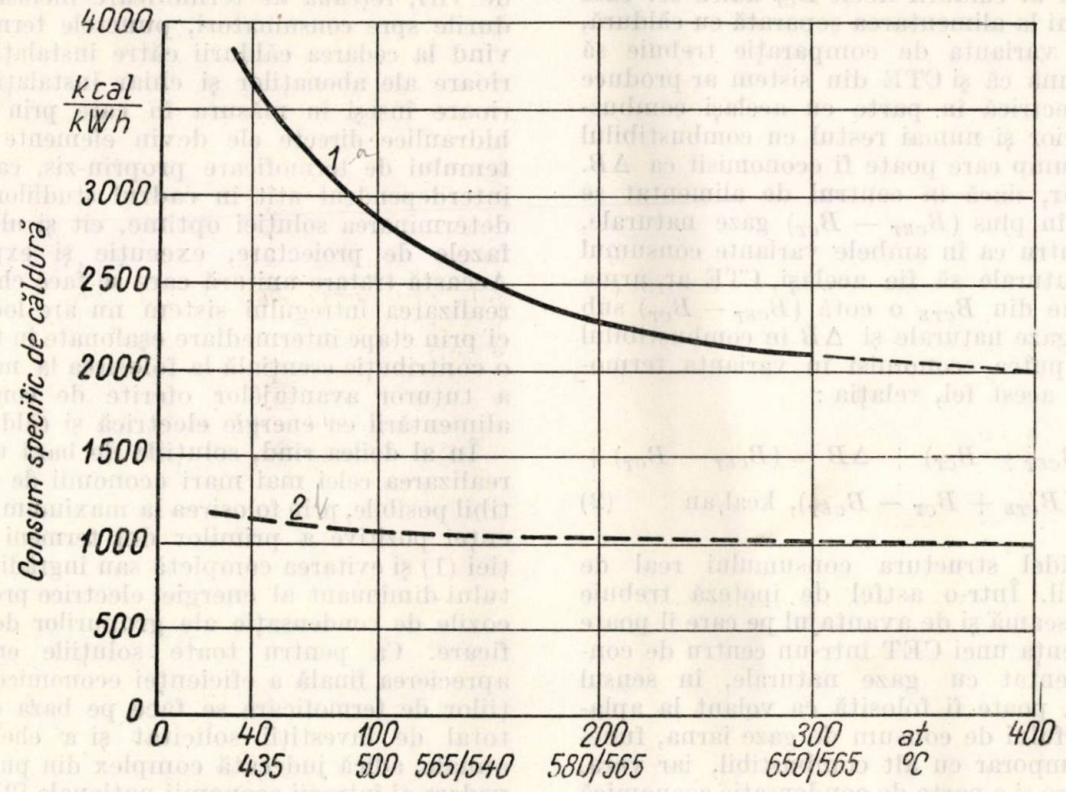


Fig. 1. Variația consumului specific de căldură funcție de parametrii aburului viu la intrarea în turbină: *a* — în mari centrale termoelectrice cu condensație; *b* — în CET în regim de termoficare pur.

Al treilea termen care intervine în relația (1) are totdeauna un efect negativ, deoarece consumul specific de căldură pentru energia electrică produsă în condensație în CET este sensibil superior celui din CTE, chiar la puteri unitare și parametri egali, dar cu atît mai mult față de CTE cu parametri mai ridicați și grupuri foarte mari. Acest termen poate avea un puternic efect diminuant asupra economiei de

combustibil ΔB şi deci asupra economicităţii termoficării, dacă E_c' este mare.

În relaţia (1) mai poate interveni un al patrulea termen, $\Delta E \cdot b_{CTE}$, dacă în cazul producerii separate, energia electrică produsă în CTE trebuie majorată cu pierderile de energie electrică ΔE la transportul din CTE către centrul de consum; aceasta grevează cu un consum de combustibil $\Delta E \cdot b_{CTE}$ în plus soluţia producerii separate. În cadrul consideraţiilor generale de faţă, s-a făcut însă abstracţie de acest termen a cărui influenţă variază mult în funcţie de condiţiile concrete date.

În fine, mai este un aspect în legătură cu economia de combustibil care trebuie relevat în cazul în care centralele de consum termic sînt sau ar putea fi alimentate cu gaze naturale şi acest combustibil poate fi afectat centralei de termoficare. Astfel, dacă varianta termoficării conduce din cauza CET la un flux mai mare de gaze naturale B_{CET}, spre centrul de consum al căldurii decît B_{CT} adică cel care ar interveni la alimentarea separată cu căldură, atunci în varianta de comparaţie trebuie să se presupună că şi CTE din sistem ar produce energia electrică în parte cu acelaşi combustibil superior şi numai restul cu combustibilul cel mai scump care poate fi economisit ca ΔB. Într-adevăr, dacă în centrul de alimentat se consumă în plus $(B_{CET} - B_{CT})$ gaze naturale, atunci pentru ca în ambele variante consumul de gaze naturale să fie acelaşi, CTE ar urma să consume din B_{CTE} o cotă $(B_{CET} - B_{CT})$ sub formă de gaze naturale şi ΔB în combustibilul care s-ar putea economisi în varianta termoficării. În acest fel, relaţia:

$$B_{CTE} = (B_{CET} - B_{CT}) + \Delta B = (B_{CET} - B_{CT}) + \\ + (B_{CTE} + B_{CT} - B_{CET}), \text{ kcal/an} \qquad (2)$$

reflectă fidel structura consumului real de combustibil. Într-o astfel de ipoteză trebuie să se ţină seamă şi de avantajul pe care îl poate oferi prezenţa unei CET într-un centru de consum alimentat cu gaze naturale, în sensul că aceasta poate fi folosită ca volant la aplatisarea vîrfului de consum de gaze iarna, funcţionînd temporar cu alt combustibil, iar vara, în caz că are şi o parte de condensaţie economică (cazul marilor CET urbane), ea constituie un consumator binevenit pentru utilizarea capacităţii de transport a marilor magistrale de gaze, incomplet folosită în perioadele calde.

După cum se vede, în afara efectelor economice directe ale economiei de combustibil realizate prin termoficare, apar legate de realizarea ei şi repercusiuni favorabile, sau cîteodată mai puţin favorabile, asupra structurii balanţei generale a combustibililor, cît şi asupra repartiţiei cantitative şi calitative a fluxului ei teritorial. Repercusiuni similare, dar mai puţin adînci, pot apărea şi asupra balanţei electroenergetice şi asupra circulaţiei energiei electrice în sistem.

3. Soluţiile de bază adoptate în sistemele de termoficare din R.P.R.

Ca orice proces nou, concepţia sistemelor de termoficare s-a cristalizat treptat, pe măsură ce obiectivele industriale sau marile aglomeraţii ce urmau să fie alimentate cu căldură şi-au precizat necesităţile şi pe măsură ce continua perfecţionare a echipamentelor de termoficare, care au înregistrat un substanţial progres în ultimul deceniu, a permis adoptarea de soluţii din ce în ce mai economice.

În primul rînd, este de relevat tratarea în mod unitar a întregului complex de instalaţii care alcătuiesc un sistem de termoficare: centrala sau centrale de termoficare ca principale instalaţii de producere, centrale termice integrate în sistem şi folosite ca surse suplimentare de vîrf, reţeaua de termoficare inclusiv racordurile spre consumatori, punctele termice servind la cedarea căldurii către instalaţiile interioare ale abonaţilor şi chiar instalaţiile interioare înseşi în măsura în care prin legături hidraulice directe ele devin elemente ale sistemului de termoficare propriu-zis, ca un tot interdependent atît în cadrul studiilor pentru determinarea soluţiei optime, cît şi ulterior în fazele de proiectare, execuţie şi exploatare. Această tratare unitară care se face chiar dacă realizarea întregului sistem nu are loc direct, ci prin etape intermediare eşalonate în timp, are o contribuţie esenţială la folosirea la maximum a tuturor avantajelor oferite de combinarea alimentării cu energie electrică şi căldură.

În al doilea rînd, soluţiile de bază urmăresc realizarea celei mai mari economii de combustibil posibile, prin folosirea la maximum a influenţei pozitive a primilor doi termeni ai relaţiei (1) şi evitarea completă sau îngrădirea efectului diminuant al energiei electrice produse în cozile de condensaţie ale grupurilor de termoficare. Ca pentru toate soluţiile energetice aprecierea finală a eficienţei economice a soluţiilor de termoficare se face pe baza efortului total de investiţii solicitat şi a cheltuielilor anuale, adică judecată complex din punctul de vedere al întregii economii naţionale [2].

Deşi nu este totdeauna posibilă o distincţie netă între termoficarea industrială şi cea urbană, de foarte multe ori ele apărînd îmbinate în cadrul aceluiaşi sistem, totuşi avînd în vedere specificul lor diferit, cît şi dezvoltarea lor diferit etapizată în condiţiile noastre, cele două forme de bază ale termoficării vor fi tratate separat.

3.1. Termoficarea industrială. Baza de dezvoltare a termoficării industriale o constituie consumul termic tehnologic în continuă creştere, datorită dezvoltării masive a producţiei industriale globale în general, precum şi creş-

terii deosebite a producției în unele ramuri industriale mari consumatoare de căldură.

Totodată, posibilitatea oferită de condițiile economiei socialiste de a urmări și din punct de vedere energetic o amplasare sau grupare rațională a noilor industrii, cu consumuri importante de căldură, constituie un factor hotărîtor pentru alegerea soluțiilor celor mai indicate și realizarea unor CET industriale puternice, cu indici tehnico-economici favorabili.

Fără a intra în amănunte asupra perioadei de demarare în care precizarea consumurilor termice, atît ca mărime cît și ca parametri, din partea tehnologilor, nu s-a putut obține decît cu mare greutate, ceea ce a condus de multe ori la necesitatea unor adaptări pe parcurs a proiectelor, centralele de termoficare industrială realizate pînă în prezent, precum și cele în curs de execuție sau în studiu, se încadrează în ceea ce privește concepția lor de bază în una din următoarele categorii :

a — CET industriale cu grupuri cu contrapresiune, amplasate la consumatorul industrial de căldură și a căror putere și producție de energie electrică este dictată de regimul de consum termic. În funcție de mărimea întreprinderii deservite, astfel de CET au puteri electrice foarte diferite. De la puteri unitare de 750 kW, ca de exemplu la combinate industriale mici de prelucrare a lemnului, la cîte două grupuri de trei MW, cum au rezultat ca soluție tipizată pentru fabrici de zahăr, și pînă la grupuri de 25 MW la 140 at, 540°C, ca de exemplu în CET care alimentează cu abur un mare combinat de prelucrare a stufului recoltat din Delta Dunării, în această categorie se încadrează toate acele centrale de termoficare industriale în care condițiile de continuitate a consumului termic au permis realizarea unei energii electrice cît mai mari în regim de termoficare pur și evitarea oricărui supraconsum de combustibili în părți de condensație mai puțin eficiente.

b — CET industriale de mărime mijlocie sau mici, amplasate la consumatorul industrial pe care îl deservesc cu căldură și energie electrică și avînd, datorită părții lor de condensație, o oarecare libertate în ceea ce privește regimul electric.

Aceste cazuri sînt însă rare, apărînd numai datorită unei exigențe deosebite relativ la un minim de putere electrică de asigurat local pentru unele procese de producție foarte sensibile la întreruperi și care altfel sînt alimentate din rețeaua electrică generală.

c — CET mari, de importanță regională în ceea ce privește puterea electrică și deservind cu căldură cîteva mari întreprinderi amplasate în apropiere.

Prima centrală din această categorie este CET „Borzești", cu o putere finală de 225 MW, care deservește cu energie electrică o serie de mari consumatori termici, din care ultimii s-au amplasat în apropiere și datorită condițiilor favorabile de a obține abur și energie electrică prin extinderea unor instalații existente.

A doua mare CET regională din această categorie își datorește baza de consum termic, pe de o parte, rationalizării alimentării cu abur a unor rafinării existente în apropierea orașului Ploiești, iar pe de altă parte, extinderii importante a uneia dintre ele. Astfel, în actuala etapă de 100 MW noua CET înlocuiește producția a peste 100 cazane mici și învechite de joasă presiune, urmînd a prelua pînă în 1965, cînd va atinge 200 MW, întreaga creștere de consum termic. Economia de combustibil care rezultă din rationalizarea gospodăriei termice a instalațiilor existente atinge circa 300 000 t combustibil convențional/an în 1965.

În legătură cu această CET mai este de menționat importanța transportului de abur la grupa mai îndepărtată de consumatori, care cu un debit pînă la 250 t/h la parametrii de plecare de 16 ata și cu o distanță de transport de 5 km, reprezintă nu numai cea mai mare instalație de acest gen din țara noastră, dar și în general una dintre cele mai interesante realizări din acest domeniu.

CET „Ploiești" se realizează cu grupuri de 50 MW cu condensație și prize, respectiv cu contrapresiune, alimentate din cazane de 420 t/h la 140 at, 570°C, adică cu echipamente de termoficare la nivelul celor mai pretențioase instalații de acest gen ale tehnicii actuale. La fel de interesante sînt și alte elemente ale acestei centrale, ca de exemplu instalațiile foarte mari de pregătire a apei de adaos prin demineralizare totală, de ordinul 500—700 t/h.

După cum se vede, CET industriale construite la consumatorii respectivi în cadrul planului de electrificare nu au fost echipate cu părți de condensație decît în cazuri excepționale, evitîndu-se pe cît posibil producerea de energie electrică în condensație la astfel de CET, cu indici de consum specific pentru această energie mult mai puțin favorabili decît în marile grupuri de condensație ale sistemului. În schimb, în marile CET regionale, echipate cu grupuri de aceeași mărime și cu aceiași parametri ca în marile CTE, sînt prevăzute părți suplimentare de condensație, ca soluție economică pentru asigurarea disponibilității permanente a întregii puteri nominale, indiferent de variația sau dezvoltarea mai înceată a consumului termic industrial.

3.2. Termoficarea urbană. Baza de dezvoltare a termoficării urbane o constituie masiva acțiune de construcție de locuințe — în curs — în toate orașele țării, care dă naștere unui consum termic mare și concentrat, atît pentru încălzire și ventilare, cît și pentru alimentarea

cu apă caldă menajeră. La acest consum cu caracter pur urban se adaugă de cele mai multe ori consumuri importante pentru încălzirea, ventilarea și alimentarea cu apă caldă a întreprinderilor industriale din zona orașului.

După mărimea consumurilor urbane de căldură care se pretează a fi acoperite în mod economic dintr-o rețea de termoficare, orașele din Republica Populară Romînă pot fi grupate în patru grupe caracterizate printr-un consum orar nominal, apreciat la nivelul anului 1965, de: 30 Gcal/h, 100—200 Gcal/h, 200—400 Gcal/h și peste 1 000 Gcal/h; în orașele respective se întîlnesc însă și consumuri tehnologice de abur tot la nivelul anului 1965 de ordinul pînă la 40 Gcal/h, 40—80 Gcal/h, 80—200 Gcal/h și peste 500 Gcal/h. Consumul de încălzire, ventilare și apă caldă al industriilor respective este cuprins în cifrele de consum termic urban indicate în prima grupare, în care intervine cu o pondere variabilă între 30—60%.

Dat fiind caracterul sezonier al consumului de căldură pentru incălzirea și ventilarea clădirilor cît și investițiile — relativ mari — în rețeaua de termoficare urbană mult mai întinsă și ramificată, pentru ca termoficarea urbană să prezinte o eficacitate economică suficientă, este necesară o anumită concentrație a consumului termic, asigurarea unei economii cît mai mari de combustibil, precum și realizarea centralelor de termoficare urbană și a rețelelor respective cu investiții cît mai reduse.

Acest deziderat nu poate fi îndeplinit în actualele condiții de progres ale eficienței marilor CTE și a cazanelor de încălzire, decît adoptînd parametrii aburului viu de 100 at, 540°C pentru consumuri medii și de 140 at, 570°C pentru consumuri mari și făcînd uz de toate posibilitățile oferite de grupurile moderne cu priză și condensație, pentru realizarea unei producții specifice de energie electrică pe unitatea de căldură livrată, cît mai ridicată.

Într-adevăr, dacă în condițiile de acum 20—30 ani, diferența de ordinul a 2000 kcal/kWh dintre consumul specific în CTE regionale și consumul de regim de termoficare pur (fig. 1) asigură economicitatea termoficării urbane și la producții specifice de energie electrică de circa 300 Gcal/kWh, reducerea acestei diferențe în condițiile actuale la circa 1 500, respectiv — în viitor — chiar pînă la circa 1 000 kcal/kWh, cere producții specifice de cel puțin 450 sau mai bine de ordinul 600 kWh/Gcal. Astfel de producții specifice pot fi realizate cu grupuri moderne de termoficare cu puteri unitare de 25—50 MW, cu priză reglabilă la un nivel de presiune scăzut (0,5—0,7 ata) și cu preîncălzirea apei rețelei de termoficare în mai multe trepte.

În acest fel, în condițiile actuale economia de combustibil realizabilă prin producerea combinată a energiei electrice și a căldurii poate rămîne de ordinul 100—120 kg combustibil convențional pe Gcal livrată din turbine, chiar dacă, spre deosebire de condițiile din trecut, producerea combinată se compară cu cea separată în CTE mari cu parametri înalți, respectiv cu centrale termice cu cazane cu randamente foarte ridicate, și chiar dacă în extrem se presupune nul aportul termenului al doilea din relația (1). Valorile informative din tabela 1 confirmă pentru condiții medii aceste considerații.

Este de remarcat că în tabela 1 pentru simplificare nu s-a ținut seamă de efectul diminuant al termenului al treilea al relației (1), care în condițiile corespunzătoare de realizare a termoficării urbane poate fi totuși sensibil îngrădit.

În aceste condiții, termoficarea urbană în orașele mici nu se poate realiza în mod economic, decît legată de o termoficare industrială, adică combinată cu acoperirea unui consum tehnologic suficient de mare și continuu, pentru a permite realizarea unei CET cu parametri mai ridicați sau chiar medii pentru o perioadă de tranziție.

Tabela 1

Economia de combustibil realizabilă prin termoficarea urbană în anumite condiții caracteristice *

Parametrii aburului viu la intrarea în turbină :					
presiunea	at	35	90	130	240
temperatura	°C	435	500	565	580/555
Presiunea prizei reglabile de încălzire	ata	1,2	1,2	0,7	0,7
Producția specifică de energie electrică raportată la Gcal livrată din turbină : y_p	kWh/Gcal	310	440	640	800
Diferența de consum specific : $b_s - b_c$	kcal/kWh	2 500	1 800	1 500	1 200
Economia de combustibil pe Gcal livrată din turbină, $y_p\,(b_s - b_c)$	Gcal/Gcal	0,775	0,792	0,960	0,960
	kg cc/Gcal	110	115	135	135
Economia de combustibil pe Gcal livrată din turbină la : $\eta_{CT} - (\eta_c \cdot \eta_{rt}) = 0,2$	kg cc/Gcal	50			
,, = 0,1	kgcc/Gcal		15		
,, = 0	kg cc/Gcal			0	0
Economia totală de combustibil realizabilă pe Gcal livrată din turbină	kg cc/Gcal	160	130	135	135

* Valorile din tabelă se referă la regimul nominal al instalațiilor.

Mergînd pe aceste principii, termoficarea urbană a început şi se dezvoltă în Republica Populară Romînă pe următoarele soluţii de bază :

a. În oraşele din primele trei grupe mai sus indicate termoficarea urbană se combină cu cea industrială, sursa principală de căldură constituind-o o CET mixtă, echipată cu grupuri cu condensaţie şi prize, fie cu prize separate pentru industrie şi încălzire sau cu cîte două prize reglabile, avînd puteri unitare de 25 sau 50 MW şi cu parametri ai aburului viu de 100 at, 540°C sau 140 at, 570°C.

Funcţie de ponderea consumului respectiv în aceste centrale predomină caracterul industrial sau urban al livrării căldurii. Se pot semnala astfel mari CET industriale regionale alimentînd un consum urban încă relativ redus, ca de exemplu CET „Borzeşti", CET „Ploieşti" şi CET „Craiova", care pe lîngă consumul mare industrial în prima etapă vor livra cantităţi din ce în ce mai importante oraşelor respective aşezate la cîţiva km, dar există şi CET mixte importante la care predomină livrarea urbană.

b. În ceea ce priveşte cea de-a patra grupă, ea se referă la cazul special al oraşului Bucureşti, care implică prin mărirea consumului său termic existent şi mai ales de viitor cît şi prin repartiţia geografică a acestui consum soluţii deosebite.

Din punctul de vedere al consumului termic, oraşul Bucureşti se prezintă cu un consum termic urban relativ uniform repartizat pe o suprafaţă aproape circulară în care apar cîteva zone industriale cu importante consumuri tehnologice şi de încălzire. La un nivel de consum termic urban de ordinul 1 300 Gcal şi un consum tehnologic de abur de circa 400 Gcal/h în 1965 şi cu perspective mari de dezvoltare în viitor, soluţiile de termoficare cele mai indicate conduc spre două surse puternice de apă fierbinte amplasate diametrial opus şi spre cîteva surse interioare zonale pentru acoperirea consumului de abur tehnologic.

Prima mare sursă de căldură este în curs de amenajare prin reprofilarea unei centrale de condensaţie existente într-o CET urbană modernă cu parametrii de 140 at, 570°C şi grupuri de termoficare urbană de 50 MW, cu o putere electrică finală instalată de ordinul 230 MW, respectiv cu un debit de apă fierbinte instalat de circa 800 Gcal/h. A doua sursă este în curs de proiectare, deocamdată pentru o putere electrică de ordinul 300 MW, respectiv 900 Gcal/h, avînd însă mari posibilităţi de extindere. Aci se vor folosi ca prime grupuri unităţi de 50 MW, apoi grupuri de 100 MW şi poate mai tîrziu unităţi şi mai mari.

Acoperirea consumurilor de abur tehnologic se va face din CET industriale de zonă, echipate în general cu cîte două cazane de 50 t/h şi grupuri cu contrapresiune. Primele CET de zonă au parametrii încă medii de 40 at, 450°C, celelalte se vor realiza cu parametri mai ridicaţi. Toate aceste CET industriale de zonă vor fi echipate cu grupuri cu contrapresiune, cu durate de utilizare ridicate, avînd de acoperit numai consumuri tehnologice. Debitul de căldură necesar încălzirii şi ventilării clădirilor acestor industrii, precum şi alimentării lor cu apă caldă, se va face din reţeaua generală de termoficare urbană.

Separînd în acest mod acoperirea consumului tehnologic de abur, pentru care din cauza repartiţiei geografice nu apare indicată livrarea dintr-o reţea generală de abur, de restul consumului industrial, care se pretează a fi racordat la reţeaua generală de apă fierbinte a oraşului, se realizează pentru fiecare din aceste două categorii de consumuri condiţiile cele mai adecvate de acoperire. Se aplică astfel în mod practic condiţiile expuse anterior în legătură cu preocuparea de a asigura o eficacitate economică cît mai ridicată termoficării, atît urbane pentru complexul oraşului, cît şi celei industriale în situaţia specială zonală, în care ea apare diseminată în cuprinsul oraşului.

Ca schemă generală, în cazul termoficării urbane, debitul termic de vîrf care reprezintă circa 50% din sarcina termică maximă se acoperă din cazane de vîrf de apă fierbinte avînd debite nominale de 50 şi 100 Gcal/h, în viitor probabil 150—200 Gcal/h. Aceste cazane de vîrf, arzînd păcură sau gaz natural, pot fi folosite în etape intermediare ale dezvoltării termoficării şi ca unităţi de bază care pînă la instalarea echipamentului energetic al centralei să asigure alimentarea centralizată cu căldură a primelor grupe de consumatori. În acest mod se poate evita instalarea unor surse de căldură temporare la noii consumatori şi a porni organic pe soluţia definitivă. Evident că în aceste etape iniţiale nu apar avantajele producerii combinate a energiei electrice şi a căldurii. De aceea, trebuie corespunzător grăbită realizarea CET în întregime. Totuşi, în condiţiile dezvoltării rapide, mai ales a consumului urban, această realizare etapizată a termoficării urbane se dovedeşte foarte utilă.

Concluzii

Aplicînd, în condiţiile creşterii rapide a consumului termic industrial şi urban ca urmare a dezvoltării economice impetuoase a ţării, formele cele mai adecvate de termoficare industrială şi urbană, se realizează importante economii de combustibil şi condiţii de confort sporit în gospodărirea energetică a oraşelor. În acest fel se îmbină interesul realizării unor economii importante de combustibil, apreciate, de exemplu în cadrul perioadei 1960—1965,

pînă la trei milioane tone combustibil convențional, cu cel al rezolvării tehnice și economice celei mai adecvate a producerii energiei electrice și alimentării cu căldură.

Termoficarea, cunoscută în fond de aproape 40 de ani, ia în noile condiții de aplicare forme deosebit de eficiente și se conturează ca una din principalele direcții de dezvoltare ale energeticii românești. De aceea, introducerea și dezvoltarea ei aduc prin nivelul calitativ și amploarea aplicării un aspect nou și caracteristic în evoluția energeticii noastre.

Bibliografie

[1] Stăncescu, D. I., Rădulescu St. și Voinea M. *Oportunitatea termoficării urbane în condițiile orașelor alimentate sau care pot fi alimentate cu gaz natural.* Raport nr. II A 3/23 prezentat la sesiunea parțială a Conferinței mondiale a energiei, Madrid, 1960.

[2] Schwefelberg, A., Popovici, T. și Cogălniceanu, A. *Metode pentru determinarea proporției optime în folosirea diferitelor resurse energetice pentru producerea energiei electrice.* Raport nr. II/8 prezentat la sesiunea parțială a Conferinței mondiale a energiei. Madrid, 1960.

Considerații privind arderea ligniților din R.P.R.*

*N. PĂNOIU. I. CARABOGDAN, G. SINGER, I. NISTOR, C. IONESCU*** — București

Din totalul rezervelor de combustibili clasici ai R.P.R., majoritatea o formează combustibilii solizi, din care cea mai mare parte cărbunii inferiori și în special lignitii.

Deși, din punct de vedere tehnic și economic, exploatarea zăcămintelor de combustibil solid inferior este mai dificilă decît a combustibilului lichid și gazos, mărirea consumului de lignit în centralele termoelectrice este necesară atît pentru satisfacerea nevoilor crescînde de energie cît și pentru a putea folosi combustibilii superiori în industria cocsochimică, petrochimică și a chimizării gazului metan.

Producția de cărbune inferior a crescut din anul 1938 de circa șase ori ridicîndu-se în anul 1960 la 3,7 milioane tone, din care circa 85% ligniți.

Folosirea ligniților noștri în instalațiile de ardere este legată de o serie de dificultăți. Pentru rezolvarea acestora s-a întreprins o serie de lucrări de cercetare, pe care le prezentăm în lucrare.

Bazinele de lignit ale R.P.R. se găsesc în sudul Carpaților Meridionali, precum și în nordvestul țării.

Din punctul de vedere al vîrstei geologice, cărbunii bruni pămîntoși și lignitii aparțin în general erei terțiare — neozoic.

Majoritatea zăcămintelor aparțin pliocenului, etajul dacian, și mai rar levantin sau ponțian. Rocile înconjurătoare tinere sînt încă moi, afînate, insuficient consolidate, și de aceea se umflă sub influența apei, provocînd mari presiuni asupra lucrărilor miniere. Prezența sub nivelul hidrostatic a „borchișurilor" (nisipuri acvifere curgătoare) impune executarea unor lucrări miniere speciale în vederea menținerii securității exploatării. Condițiile de zăcămînt, în stadiul actual de cunoaștere, permit aplicarea exploatării la zi, prin carieră, în mică măsură (în două bazine), cea mai mare parte efectuîndu-se în subteran. Aceste condiții geologice și de exploatare ridică probleme specifice care duc la o exploatare relativ dificilă și scumpă.

Vîrsta geologică a cărbunilor inferiori corespunde vîrstei chimice, și anume caracteristicilor chimico-tehnice și comportării acestora ață de diverși agenți în procesele tehnologice. Pentru delimitarea acestei categorii de cărbune brun „lignit", față de cărbunii bruni „pămîntoși", pe de o parte, și „mați" și „lucioși", pe de altă parte, s-a folosit o serie de criterii de clasificare a cărbunilor, ca : aspectul microscopic (culoare, luciu, duritate, structură), cantitatea de acizi humici extractibilă cu hidroxizi și carbonați alcalini, conținutul de umiditate și materii volatile, puterea calorifică.

Cărbunii bruni pămîntoși au aspect amorf, sfărîmicios, pămîntos, fără structură vegetală, prezintă umiditate de zăcămînt și higroscopicitate mare și dau cantități mari de extrase, atît cu hidroxizi cît și cu carbonați alcalini. Raportat la masa combustibilă, procentul de extras cu soluția de NaOH — 1% este cuprins între 60 și 78%, iar cel cu CO_3Na_2 — între 45 și 70%. Din această categorie fac parte cărbunii de Căpeni și Vîrghiș.

Cărbunii bruni lemnoși — lignitii — au aspect xiloid (lemnos), uneori foarte pronunțat, și culoare brun-deschis-neagră ; prin expunere îndelungată la aer se degradează, exfoliindu-se. Carbonificarea țesutului lemnos în faza incipientă se face selectiv, astfel încît chiar în același fragment de origine xilitică se observă diverse varietăți de constituenți vitritici, care, prin contrastul lor, dau adesea structuri cu aspect ornamental caracteristic. Contrastul provine atît din gradul de păstrare a structurii botanice

* Raport trimis la a VI-a Sesiune plenară a Conferinței Mondiale a Energiei — Melbourne, octombrie 1962.

** Autorii sînt ingineri la Institutul de energetică al Academiei R.P.R.

cît şi din diferenţa de capacitate de reflecţie. Conţinutul de acizi humici din ligniţii extraşi cu soluţia de NaOH — 1% este cuprins în general între 30 şi 55%, făcînd excepţie cărbunii de Rovinari, cu circa 58% extras, care se situează, de altfel, atît prin celelalte caracteristici chimico-tehnice cît şi prin aspect, la limita de trecere între ligniţii şi cărbunii bruni pămîntoşi. Cantităţile de extras cu soluţie de Na_2CO_3 — 5% sînt mai mici şi variază între 15 şi 30%.

O sistematizare pe baza conţinutului de acizi humici pentru cărbunii bruni pămîntoşi şi ligniţi corespunde, în linii mari, cu aceea făcută pe baza celorlalte caracteristici chimico-tehnice.

În tabela 1 sînt redate unele caracteristici chimico-tehnice ale cărbunilor bruni inferiori din R.P.R. Se constată că în cadrul aceluiaşi zăcămînt condiţiile (factorii) de carbonificare au acţionat în mod asemănător, iar între cărbunii bruni pămîntoşi şi ligniţi există diferenţieri care separă clar cele două categorii de cărbune brun, deşi trecerea se face gradat şi cu interferenţele respective [1].

În general, ligniţii romîneşti au un conţinut ridicat de cenuşă, cuprins în medie între 30 şi 45% (A^{anh}), cel mai mic conţinut de cenuşă fiind de 20—24%. În cenuşile cărbunilor inferiori din R.P.R. se găsesc : SiO_2 — între 14 şi 58% (în majoritatea cazurilor la ligniţi peste 40%), Al_2O_3 — între 0 şi 60%, Fe_2O_3 — între 8 şi 48% şi CaO — între 3 şi 25%. Compoziţia chimică şi caracteristicile de fuziune ale cenuşilor provenite din cărbunii studiaţi dovedesc o variaţie largă a acestei compoziţii chiar în cadrul aceluiaşi zăcămînt.

Producţia curentă de lignit, aşa cum rezultă din exploatare, conţine 30—40% ligniţi mărunţi de 0—30 mm. Datorită friabilităţii sterilului marnos argilos aflat în straturile de lignit cu intercalaţii, ligniţii mărunţi au un conţinut foarte ridicat de cenuşă ($A^{anh} = 30 - 50\%$). La ligniţii ciuruiţi + 30 mm, conţinutul de cenuşă este în general mai redus (30—40%).

Umiditatea totală W_t^i a ligniţilor variază între 30 şi 40% la exploatările în subteran şi între 45 şi 50% în carieră, pe timp umed.

La exploatările de cărbune brun lemnos şi pămîntos, prepararea mecanică a cărbunilor se reduce, în general, la simpla sortare a producţiei brute ocnă (0—700 sau 0—800 mm) pe site de 30 mm. La unele instalaţii se face claubajul clasei + 30 mm. Clasa 0—30 mm se livrează la centralele electrice, cărămidării etc ; cărbunii ciuruiţi + 30 mm pot fi folosiţi în stare brută sau deshidrataţi atît în focarele industriale cît şi în cele casnice.

Caracteristicile defavorabile ale acestor combustibili au impus, în vederea arderii lor în condiţii tehnico-economice avantajoase, efectuarea cercetărilor în următoarele direcţii :

— arderea în strat ;
— arderea în stare fluidizată ;
— arderea în stare pulverizată.

Arderea în strat

Cercetările efectuate în domeniul arderii în strat au fost conduse de la simplu la complex, analizîndu-se succesiv procesul de ardere pe grătarul fix, grătarul catenar, grătarul cu împingere superioară şi grătarul cu împingere răsturnată.

Din rezultatele cercetărilor efectuate în acest domeniu s-au tras următoarele concluzii :

— Stratul liniştit, caracteristic instalaţiilor de ardere echipate cu grătare fixe sau catenare, duce în cazul ligniţilor la o ardere incompletă. Masa de zgură ce se formează pe grătar duce la o repartiţie necorespunzătoare a insuflării de aer pe suprafaţa stratului. Pe de altă parte, fracţiile mărunte din combustibil sînt înglobate în masa de zgură ajunsă în stare plastică, iar fracţiile mari sînt acoperite de o peliculă de zgură care reduce difuzia carburantului spre masa de cocs a particulei. În ansamblu, acest procedeu de ardere duce, în cazul ligniţilor, la rezultate cu totul necorespunzătoare.

— Răscolirea stratului de combustibil reduce dificultăţile apărute în cazul arderii ligniţilor în strat fix, cu atît mai mult cu cît se intensifică răscolirea stratului. În stratul răscolit, particula de cărbune are o mişcare neregulată,

Caracteristicile tehnice ale cărbunilor bruni pămîntoşi şi ligniţilor din R.P.R. *Tabela 1*

Nr. crt.	Exploatarea	W_t^i, %	A^{anh}, %	V^{mc}, %	H^{mc}, %	S^{mc}, %	Q_i^i, kcal/kg	Temperatura, t_1	Carac. t_2	Cenuşă,* t_3
1	Căpeni	55,7	24,4	54,8	5,7	1,9	1 593	1 090	1 180	1 190
2	Rovinari :									
	— subteran	34,0	26,1	62,9	6,2	3,0	2 577	1 020	1 210	1 240
	— carieră	42,5	38,7	58,5	5,8	1,7	1 851	960	1 225	1 360
3	Doiceşti	36,1	32,2	57,4	5,4	0,4	2 299	1 050	1 140	1 160
4	Voevozi	39,6	33,8	53,1	5,3	6,6	2 028	1 030	1 100	1 130
5	Sălaj-Sărmăşag	29,1	42,4	57,8	5,6	2,6	2 278	965	1 100	1 200
6	Filipeştii de Pădure	32,1	45,6	57,5	5,5	2,8	1 968	1 050	1 060	1 100
7	Cîmpulung	32,9	24,2	54,1	5,6	0,6	3 922	1 040	1 150	1 170

* Temperaturile de înmuiere, topire şi curgere ale cenuşii sînt determinate prin metoda Bunte-Baum.
** Cărbune brun pămîntos.

venind în contact cu alte particule incandescente, ceea ce favorizează aprinderea și arderea ei.

Grătarul cel mai utilizat în tehnica arderii cărbunilor tineri, grătarul cu împingere superioară, principial nu poate asigura o răscolire puternică a stratului de combustibil, deoarece prin mărirea sursei și vitezei barelor de grătar (elementele răscolirii stratului) crește, în afară

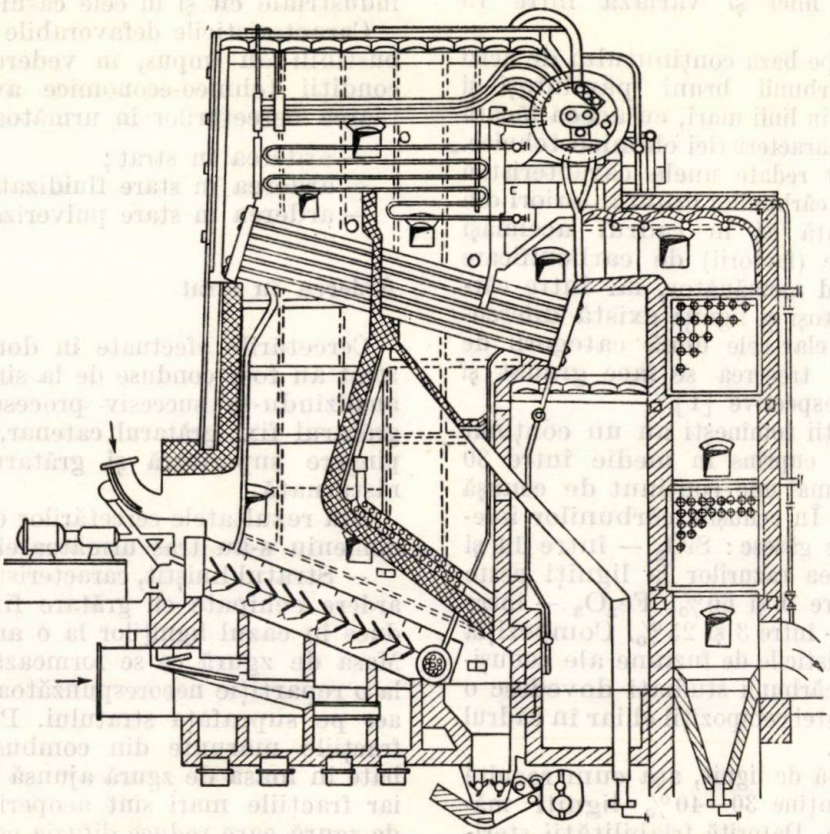


Fig. 1. Cazan de 10 t/h, 17 ata, 350°C, echipat cu grătar cu împingere răsturnată.

de răscolirea stratului, și viteza de înaintare a combustibilului pe grătar.

— Principiul împingerii răsturnate aplicat unei instalații de ardere adecvate ligniților realizează o răscolire intensă și corespunde în cea mai mare măsură arderii ligniților pe grătar.

În strat trebuie să se acorde cea mai mare atenție aprinderii și arderii stabile a ligniților, aceștia avînd un conținut ridicat de balast; ligniții trebuie să fie arși într-un focar care asigură, pe lîngă răscolirea intensă a stratului, și un regim termic ridicat atît în zona de uscare a combustibilului cît, mai ales, în zona arderii cocsului. În această situație, în profilarea focarului nu se poate aplica în nici un caz tehnica focarelor deschise, destinate arderii huilelor, și nici tehnica la care bolta superioară este dezvoltată, această construcție fiind indicată în special în profilarea focarelor pentru cărbunii foarte umezi, cu un conținut scăzut de cenușă.

Ca urmare a cercetărilor de laborator efectuate pe modele luminoase, verificate pe instalații industriale, se socotește indicată pentru focarele destinate arderii ligniților romînești o profilare cu boltă anterioară scurtă, îndeajuns de ridicată deasupra stratului de combustibil, și o boltă posterioară foarte dezvoltată, cît mai apropiată de grătar și înclinată față de acesta cu 10—15°. Această profilare asigură condiții favorabile pentru transmiterea căldurii în prima zonă a grătarului de la zona sa centrală și posterioară atît prin radiația bolții posterioare cît și prin radiația proprie a flăcării, care, prin condițiile astfel create, este apropiată mult de prima zonă a grătarului.

Schema de aprindere superioară este indicată în cazul arderii combustibililor tineri, cu conținut de cenușă la o încărcare gravimetrică de 250—300 kg/m², și nu mai dă satisfacție în cazul arderii ligniților, care necesită o încărcare mult mai ridicată. În acest caz devine indicată aplicarea schemei duble de aprindere realizată de grătarul cu împingere răsturnată, care permite astfel ridicarea încărcării gravimetrice a grătarului pînă la valori de 450—500 kg/m²/h, mărindu-se în același timp atît stabilitatea cît și intensitatea procesului de ardere.

Instalația de ardere a ligniților propusă de autori s-a aplicat la un cazan de abur de 10 t/h, 17 ata, 350°C.

În figura 1 se prezintă o secțiune prin cazanul de 10 t/h echipat cu grătar cu împingere răsturnată.

Configurația grătarului urmărește intensificarea pregătirii combustibilului pe prima parte a grătarului și menținerea unui regim termic ridicat în ultima fază a procesului de ardere (ultima zonă a grătarului), prin umbrirea acesteia de fasciculul fierbător.

Pe instalația de ardere au fost efectuate cercetări de ardere folosindu-se ligniți din principalele bazine din R.P.R. Rezultatele obținute comparativ cu cele obținute pe alte instalații sînt prezentate în tabela 2.

Tabela 2

Indicii principali ai instalațiilor de ardere a ligniților din R.P.R.

Tipul instalației	U/M	Grătar fix experimental	Grătar catenar 6 t/h	Grătar cu împingere superioară cazan 6/5 t/h	Grătar cu împingere răsturnată destinat pentru huila 10 t/h	Grătar romînesc cu împingere răsturnată 10 t/h
1	2	3	4	5	6	7
Lignit Filipeștii de Pădure						
Cenușă la masa uscată	%	36,92	33,92	39,16	45,42–54,80	45–53
Puterea calorifică inferioară	$\frac{kcal}{kg}$	3025	3025	2230	1517–2109	1 663–1 833
Încărcarea gravimetrică a grătarului	kg/m^2h	51–107	Arderea nu este stabilă	91–139	356–445	573
Încărcarea termică specifică a grătarului	$\frac{10^3\ kcal}{m^2\ h}$	156–326	—	205–312	638–936	953
Încărcarea termică specifică a focarului	$\frac{10^3 kcal}{m^3 h}$	60–125	—	55,6–95	192–267	278
Producția specifică de abur a grătarului	$\frac{kg\ abur}{m^2 h}$	—	—	241–276	635–640	985
Lignit Rovinari						
Cenușă la masă uscată	%	32,6	—	—	41,41	30,8–40
Puterea calorifică inferioară	kcal/kg	2241	—	—	1723	1 676–1 895
Încărcarea gravimetrică a grătarului	kg/m^2h	77–140	—	—	380	528
Încărcarea termică specifică a grătarului	$\frac{10^3 kcal}{m^2 h}$	174–314	—	—	776	925
Încărcarea termică specifică a focarului	$\frac{10^3 kcal}{m^2 h}$	67–121	—	—	216	270
Producția specifică a grătarului	$\frac{kg\ abur}{m^2 h}$	—	—	—	547–582	965

Arderea în stare fluidizată

Fluidizarea aduce în cazul concret al arderii ligniților o serie de avantaje tehnice și economice.

Realizările tehnice ale aplicării procedeului în procesul de ardere sînt de dată recentă și puține la număr. Printre cele mai importante se menționează realizările din U.R.S.S. și Franța.

Instalația experimentală pe care au fost efectuate cercetările în cadrul Institutului de energetică este cea prezentată în figura 2, iar rezultatele principale obținute sînt redate în figura 3. Rezultatele obținute permit să se tragă următoarele concluzii referitoare la arderea ligniților în strat fluidizat:

— Deși pentru acest procedeu se recomandă folosirea unui sort granulometric cît mai strîns (0–4 sau 0–6 mm), cercetările experimentale efectuate de autori demonstrează posibilitatea folosirii unui interval granulometric mai larg (0–10 mm). Folosirea acestui sort granulometric poate aduce în discuție valorificarea măruntului de lignit în condiții avantajoase fără a mai fi necesară o pregătire prealabilă a acestuia.

— Caracteristicile combustibilului influențează în cea mai mare măsură desfășurarea procesului de ardere. Din analizarea rezultatelor obținute se pot recomanda ca valori maxime pentru caracteristicile combustibilului umiditatea de maximum 30–32% și cenușa (la masa uscată) de 35–40%.

— Se remarcă o bună dependență între randamentul arderii, pierderilor de căldură prin nearse în zgură și antrenate (q_4) și puterea calorifică inferioară a combustibilului (fig. 4).

Pentru obținerea unor randamente economice apare necesară folosirea unui combustibil cu o putere calorifică de peste 2 800 kcal/kg.

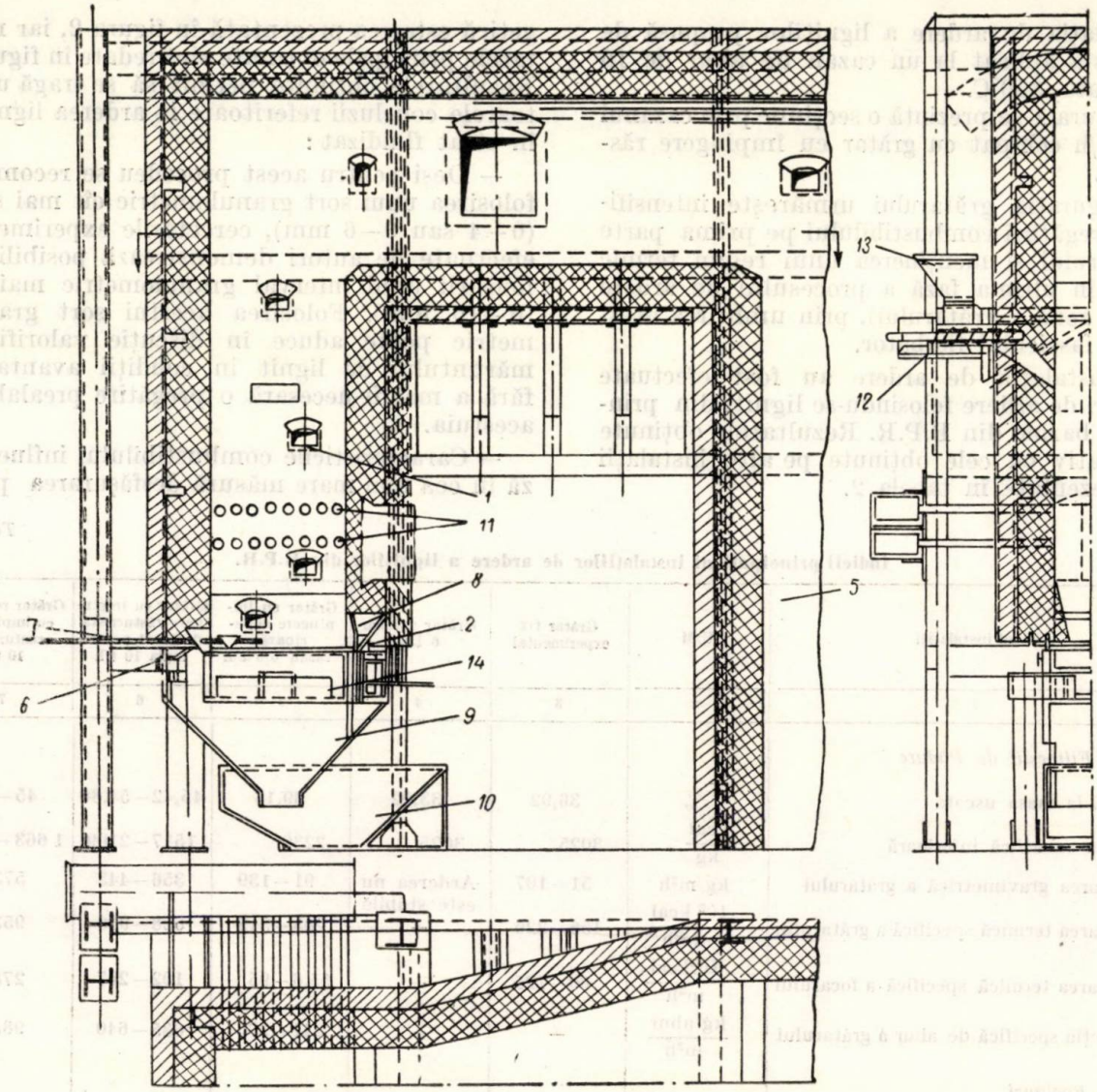
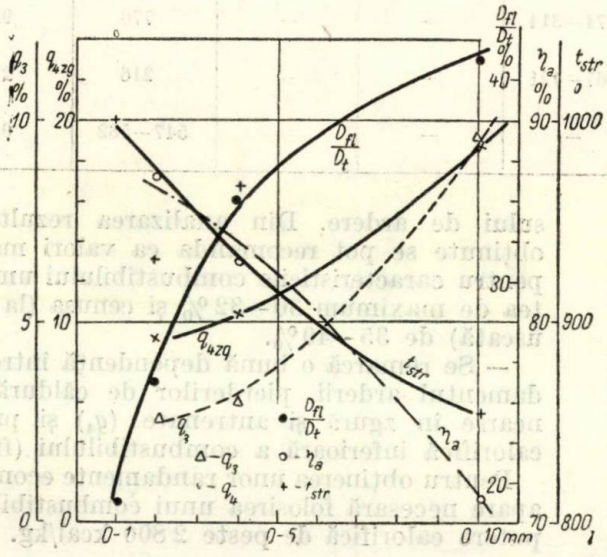


Fig. 2. Instalație experimentală de ardere în pat fluidizat:

1 — focar; *2* — placă de grătar; *3* — plane înclinate; *4* — canal orizontal de gaze; *5* — canal vertical descendent de gaze; *6* — bară de raşchetare a plăcii de grătar; *7* — trapă de evacuare a zgurei; *8* — clapă de evacuare a zgurei; *9* — pîlnie de evacuare a zgurei; *10* — cuvă de apă; *11* — orificiu de insuflare a aerului secundar; *12* — alimentator cu melc; *13* — buncăr; *14* — buncăr lateral; *15* — cutie de insuflare a aerului de fluidizare.



← Fig. 3. Variația pierderilor de căldură prin ardere mecanic incompletă în zgură (q_{4zg}), a pierderilor prin arderea chimic incompletă q_3, a temperaturii la baza stratului t_{str}, a raportului $D_{fluidizare}/D_{teoretic}$ şi randamentul arderii funcție de mărimea intervalului granulometric.

— Procedeul aduce ca avantaj deosebit încărcări termice ridicate ale focarului caracteristice proceselor de intensificare a arderii (1 000 — 2 000)10^3 kcal/m^3, respectiv $3-5\cdot10^6$ kcal/m^2/h, depășind sensibil pe cele ale instalațiilor clasice.

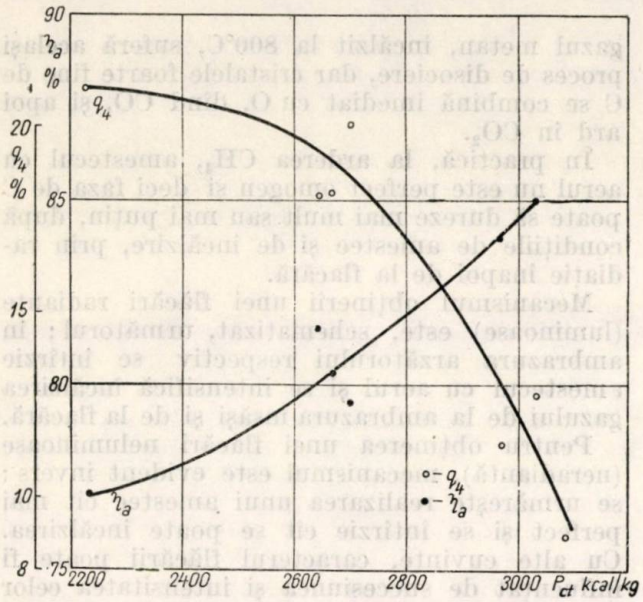


Fig. 4. Variația randamentului arderii și a pierderilor de căldură q_4 funcție de puterea calorifică inferioară a combustibilului.

Arderea în stare pulverizată

Cercetările întreprinse în domeniul arderii în stare pulverizată au avut ca scop stabilirea unei scheme corespunzătoare pentru măcinarea cărbunilor inferiori romînești, atît din punct de vedere funcțional cît și din punctul de vedere al realizării unei instalații economice cu consum redus de metal și energie electrică.

În lumina acestor considerente au fost efectuate cercetări experimentale pe două tipuri de instalații, considerate ca cele mai indicate pentru prepararea prafului de cărbune brun :

— instalația de preparare a prafului cu mori cu ciocane, cu puț și ambrazură ;

— instalația de preparare a prafului cu mori-ventilator.

Rezultatele obținute la măcinarea ligniților în mori cu ciocane nu au dat satisfacție.

Cercetările experimentale de măcinare au fost continuate pe o schemă de preparare a prafului cu două mori-ventilator de 4 t/h, cu arzătoare turbionare folosite pentru prima dată cu aceste tipuri de mori. Cele două mori echipează focarul unui cazan de 20 t/h.

Din analiza rezultatelor obținute se pot trage următoarele concluzii referitoare la măcinarea ligniților în scheme echipate cu mori-ventilator :

— Schemele de preparare a prafului echipate cu mori-ventilator au dat rezultate bune la măcinarea și arderea prafului de lignit, caracterizat printr-o umiditate de pînă la 60%, o rezistență ridicată la măcinare (m_{VTI} = 0,5 — 0,7) și o putere calorifică inferioară de pînă la 1 600 kcal/kg. Deși se realizează o măcinare mai grosieră (R_{88} = 60—75%) la variația rezistenței cărbunelui, totuși, datorită condițiilor favorabile de aprindere caracteristice cărbunilor tineri, cu conținut ridicat de materii volatile, arderea se realizează cu randamente ridicate.

În conformitate cu rezultatele obținute în cercetările efectuate și în literatura de specialitate, se constată o capacitate sporită a schemei de adaptare la o variație în limite largi a calității combustibilului.

În intervalul de încărcare 60—100% în condițiile măcinării lignitului-ocnă, moara-ventilator realizează un consum mediu de 6—10 kWh/t, funcție de calitatea combustibilului și de încărcarea morii, față de 14—20 kWh/t la moara cu ciocane noi sau 25 kWh/t la moara cu ciocane după 200 ore de funcționare.

Variația consumului specific de energie funcție de încărcarea morilor este dată în figura 5.

Arzătoarele turbionare pot fi folosite cu succes în schemele de pregătire a prafului.

În vederea trecerii la agregate de cazane de putere mare și foarte mare, la aplicarea evacuării zgurei în stare lichidă, se efectuează în continuare cercetări în domeniul comportării zgurelor în fază lichidă. Cercetările efectuate vor permite cunoașterea elementelor științifice aferente evacuării zgurelor în stare lichidă.

De asemenea au fost începute cercetări în domeniul arderii intensificate. În acest domeniu,

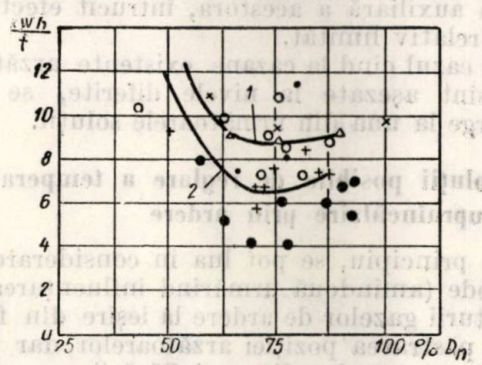


Fig. 5. Variația consumului specific de energie funcție de încărcarea morilor : *1* — cărbune proaspăt ; *3* — cărbune stocat.

pe lîngă cercetările efectuate în domeniul arderii în stare fluidizată vor fi efectuate cercetări în domeniul arderii în focare-ciclon.

O dată cu rezolvarea acestor probleme, vor fi asigurate condițiile tehnice și științifice ale punerii în valoare a importantelor zăcăminte de lignițI existente în R.P.R.

Bibliografie

[1] Blum, I. și Ionescu C. *Über die kennzeichnenden und Klassifizierungs Elemente der Braunkohlen im allgemeinen und der rumänischen Lignite im besonderen, sowie die Festlegung der Nomenklatur.* În : Revue d'Electrotechnique et d'Energetique tom. II, nr. 1, 1957, p. 177—181.

Soluţii posibile pentru reglarea temperaturii de supraîncălzire în cazul arderii gazelor

*CONSTANTIN DINULESCU** – Bucureşti

Cunoaşterea imperfectă a capacităţii de radiere a flăcării de gaze are ca urmare o dimensionare nesigură a suprafeţelor de încălzire şi deci abateri ale temperaturii de supraîncălzire de la valoarea dorită.

Pe de altă parte, regulatoarele de temperatură — cu excepţia celor de injecţie — au totdeauna inerţie mare şi deci antrenează întîrzieri mari în restabilirea valorii nominale.

O măsură practică folosită uneori în exploatarea cazanelor puternic ecranate este deplasarea în plan orizontal a zonei maxime de ardere : către centru, cînd supraîncălzirea este scăzută, şi invers. Evident că o astfel de metodă nu este recomandabilă pentru că duce la stricarea regimului optim de ardere şi la o dispersie mare a temperaturilo r în supraîncălzitor.

O soluţie corectă — atunci cînd dispunerea arzătoarelor o permite — este aceea a deplasării pe verticală a zonei de ardere.

Principial, o astfel de metodă de reglare sau de corectare a supraîncălzirii, corect aplicată, este interesantă pentru că are efecte imediate. Evident că o astfel de metodă nu trebuie să fie considerată ca înlocuitoare a metodelor clasice, ci ca auxiliară a acestora, întrucît efectul său este relativ limitat.

În cazul cînd la cazane existente arzătoarele nu sînt aşezate la nivele diferite, se poate recurge la una din următoarele soluţii.

1. Soluţii posibile de reglare a temperaturii de supraîncălzire prin ardere

În principiu, se pot lua în considerare două metode (amîndouă urmărind influenţarea temperaturii gazelor de ardere la ieşire din focar) :

— păstrarea poziţiei arzătoarelor, dar schimbînd caracterul radiant al flăcării ;

— menţinînd caracterul flăcării, dar deplasînd poziţia acesteia pe verticală.

1.1. Soluţia schimbării caracterului radiant al flăcării. Caracterul radiant al unei flăcări de gaze rezultă din prezenţa în flacără a particulelor solide de carbon incandescente. Absenţa totală a particulelor de carbon dă flăcării un aspect transparent, neluminos şi cu o culoare albastră-viorie, caracteristică arderii oxidului de carbon şi hidrogenului.

Apariţia fazei de C la arderea gazului metan poate fi explicată astfel : încălzită în absenţa aerului la o temperatură de peste 800°C, molecula de CH_4 se disociază în C şi H_2 ; în prezenţa aerului şi amestecat intim cu acesta, gazul metan, încălzit la 800°C, suferă acelaşi proces de disociere, dar cristalele foarte fine de C se combină imediat cu O, dînd CO, şi apoi ard în CO_2.

În practică, la arderea CH_4, amestecul cu aerul nu este perfect omogen şi deci faza de C poate să dureze mai mult sau mai puţin, după condiţiile de amestec şi de încălzire, prin radiaţie înapoi de la flacără.

Mecanismul obţinerii unei flăcări radiante (luminoase) este, schematizat, următorul ; în ambrazura arzătorului respectiv se întîrzie amestecul cu aerul şi se intensifică încălzirea gazului de la ambrazura însăşi şi de la flacără.

Pentru obţinerea unei flăcări neluminoase (neradiantă), mecanismul este evident invers : se urmăreşte realizarea unui amestec cît mai perfect şi se întîrzie cît se poate încălzirea. Cu alte cuvinte, caracterul flăcării poate fi influenţat de succesiunea şi intensitatea celor două faze hotărîtoare : amestecare şi încălzire. În mod practic şi întrucît calitatea amestecului final nu trebuie să fie sacrificată — ceea ce ar duce inevitabil la micşorarea randamentului de ardere — schimbarea caracterului flăcării se obţine prin deplasarea pe axul ambrazurii a injecţiei de gaze :

— chiar la intrarea în ambrazură, pentru a obţine o flacără neradiantă ;

— la ieşirea din ambrazură, pentru a obţine o flacără radiantă ; o astfel de poziţie extremă antrenează riscul de nearse la un exces mic de aer şi deci trebuie acordată o atenţie specială amestecării intime, în condiţii mai grele.

1.2. Soluţia deplasării pe verticală a zonei de ardere. În esenţă realizarea acestei soluţii constă (după cum se va arăta mai departe) în varierea înclinării axelor ambrazurilor principale sau în crearea unor ambrazuri mici suplimentare la înălţimi diferite de aceea a ambrazurilor principale.

2. Soluţii practice pentru reglarea temperaturii de supraîncălzire

2.1. Prin schimbarea caracterului radiant al flăcării. O deplasare continuă a zonei de injecţie a gazelor pe axul ambrazurii fiind complicată ca execuţie, se recurge la următoarele combinaţii posibile :

2.1.1. La arzătoare cu ambrazură rotundă. Se creează (fig. 1) două zone de injecţie a gazelor :

— una centrală la intrarea în ambrazură ;

— una periferică la ieşirea din ambrazură.

* *C. Dinulescu* este inginer principal la IRME.

Prin fiecare din cele două distribuitoare se introduce un debit care poate varia între 0,2 și 0,8 din debitul total al arzătorului, variația

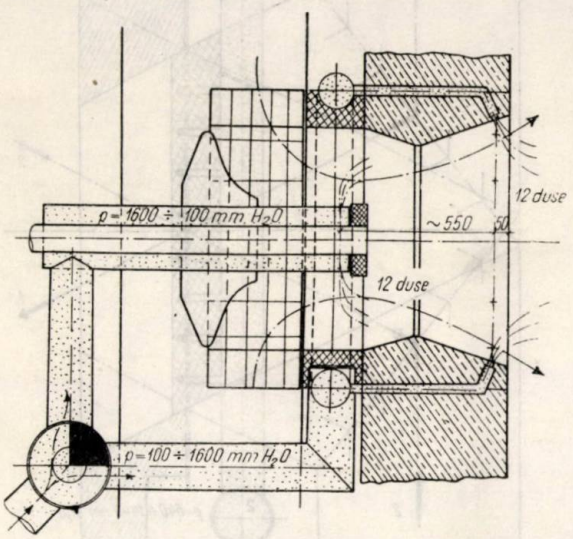


Fig. 1. Arzător circular cu două zone de injecție.

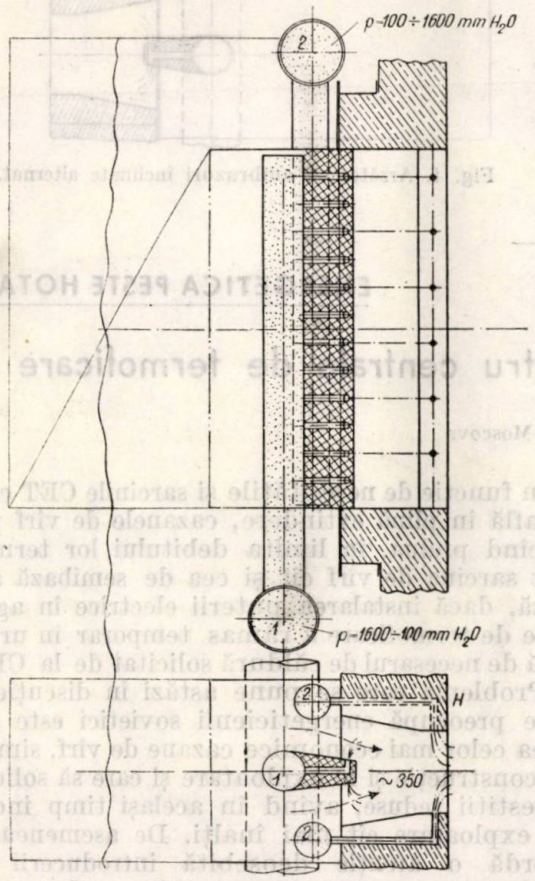


Fig. 2. Arzător dreptunghiular cu două zone de injecție.

lor fiind reglată astfel încît suma lor să fie constantă, și anume egală cu cea cerută momentan arzătorului. Repartiția între cele două distribuitoare se realizează cu ajutorul unei vane cu trei căi. Așezarea celor două zone de injecție de o parte și de alta a pînzei de aer favorizează amestecul. Evident că debitul de aer se reglează pentru debitul total de gaz.

2.1.2. La arzătoare cu ambrazura dreptunghiulară. Principial, și în acest caz rezolvarea nu diferă de cea precedentă, decît prin forma distribuitoarelor; poziția relativă a celor două zone, precum și modul de repartiție sînt aceleași.

2.2. Prin deplasarea zonei de ardere (în cazul ambrazurii dreptunghiulare). Principial se poate recurge la una din următoarele variante:

2.2.1. Varianta cu ambrazură unică. Direcția flăcării fiind determinată de aceea a fluxului de aer, prin rotirea într-un sens sau altul a unui sistem de clape montate la intrarea în ambrazură, se poate dirija fluxul de amestec, deci flacăra în jos sau sus, după cum este nevoie de scăderi sau creșteri ale temperaturii de supraîncălzire.

2.2.2. Varianta cu ambrazura fragmentată într-una principală și două secundare de reglare (fig. 3). După importanța reglării care

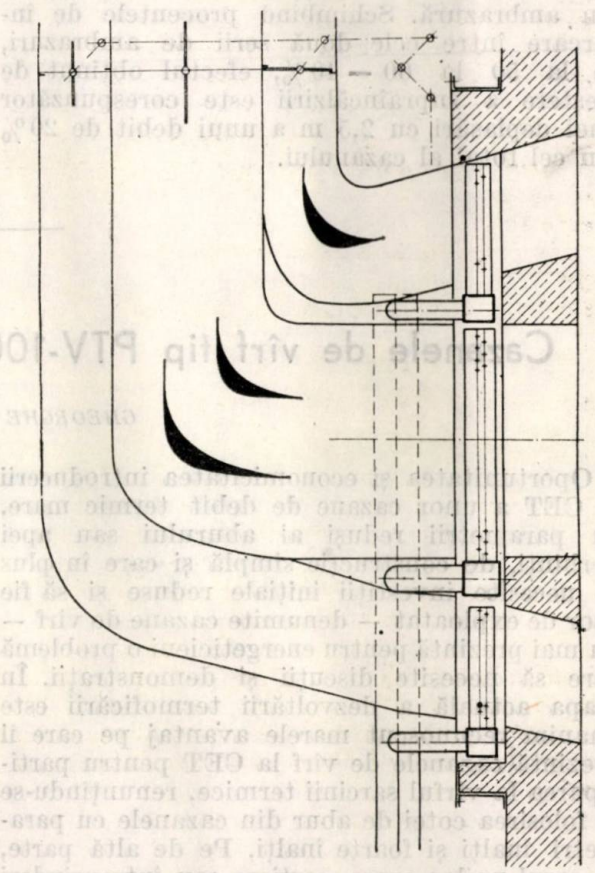


Fig. 3. Arzător cu ambrazura fragmentată.

se dorește, ambrazurii centrale îi revine 80—70% din debitul nominal al arzătorului, iar la fiecare dintre cele două ambrazuri secundare restul de 20—30%; pentru mărirea eficacității,

ambrazurile auxiliare sînt înclinate față de orizontală.

Clapele de aer și de gaze ale celor două ambrazuri de reglare sînt legate între ele astfel, încît cu o singură manevră se schimbă repartiția gazelor între cea de sus și cea de jos, proporția de aer menținîndu-se cea corectă în fiecare.

2.2.3. Varianta cu o ambrazură principală în poziție medie dimensionată pentru 90% și cu două ambrazuri secundare de debit redus (10%), însă așezate la diferențe mari de nivel față de cea principală (de ordinul ± 3 m).

2.2.4. Varianta cu ambrazuri înclinate și alternate unele în sus, altele în jos (fig. 4). În cazul cînd toate arzătoarele sînt așezate la același nivel (spre exemplu cazanele de 170 t/h) prin înclinarea cu $\pm 20°$ alternată a axelor ambrazurilor se obține o denivelare a zonei de ardere de circa 5 m la distanța de 5 m de la ieșirea din ambrazură. Schimbînd procentele de încărcare între cele două serii de ambrazuri, de la 50 la 60 — 40%, efectul obținut de creștere a supraîncălzirii este corespunzător unei deplasări cu 2,5 m a unui debit de 20% din cel total al cazanului.

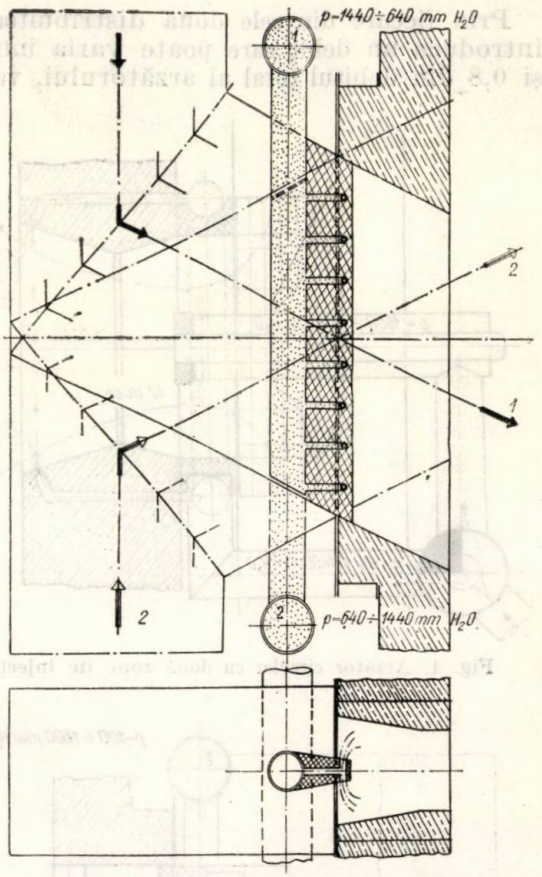


Fig. 4. Arzător cu ambrazuri înclinate alternat.

ENERGETICA PESTE HOTARE

Cazanele de vîrf tip PTV-100 pentru centrale de termoficare

GHEORGHE COLȚ — Moscova

Oportunitatea și economicitatea introducerii la CET a unor cazane de debit termic mare, cu parametrii reduși ai aburului sau apei fierbinți, de construcție simplă și care în plus să necesite investiții inițiale reduse și să fie ușor de exploatat — denumite cazane de vîrf — nu mai prezintă pentru energeticieni o problemă care să necesite discuții și demonstrații. În etapa actuală a dezvoltării termoficării este unanim recunoscut marele avantaj pe care îl prezintă cazanele de vîrf la CET pentru participarea la vîrful sarcinii termice, renunțîndu-se la folosirea cotei de abur din cazanele cu parametri înalți și foarte înalți. Pe de altă parte, în cazul noilor orașe, cartiere sau întreprinderi industriale, consumatoare de căldură, care apar înainte de construcția CET, cazanele de vîrf pot prelua, în prima perioadă, întreaga sarcină termică, urmînd ca, după intrarea în funcțiune a unităților de termoficare, acestea să preia sarcina de bază. În fine, ca o situație intermediară și în funcție de necesitățile și sarcinile CET care se află în plină extindere, cazanele de vîrf pot oricînd prelua, în limita debitului lor termic, atît sarcina de vîrf cît și cea de semibază sau bază, dacă instalarea puterii electrice în agregate de termoficare a rămas temporar în urmă față de necesarul de căldură solicitat de la CET.

Problema care se pune astăzi în discuție și care preocupă energeticienii sovietici este găsirea celor mai economice cazane de vîrf, simple ca construcție și în exploatare și care să solicite investiții reduse, avînd în același timp indici de exploatare cît mai înalți. De asemenea se acordă o atenție deosebită introducerii în exploatare a unui număr tot mai mare de cazane de vîrf și pe baza acestora se urmărește să se cîștige experiență în instalarea, punerea la punct și exploatarea acestor agregate într-un termen cît mai redus.

În U.R.S.S. s-au instalat pînă în prezent cîteva zeci de asemenea cazane, de diferite

debite. Numai în sistemul Mosenergo s-au instalat 8—10 cazane de vîrf de apă fierbinte de 50 şi 100 Gcal/h, număr care se află în continuă creştere. De exemplu, la CET 20 din Moscova s-au instalat pînă în prezent patru cazane de vîrf tip PTV—100, de 100 Gcal/h. La această centrală se va instala în cursul anului curent prima turbină de termoficare de 100 MW tip VT—100, care a şi fost livrată, iar într-un viitor apropiat, datorită creşterii masive a consumului de căldură din Moscova şi în special a celui din zona Ceremuşki (partea de sud a oraşului), se vor mai instala încă una pînă la două (sau poate chiar trei) asemenea turbine. Sarcina termică de vîrf (în ipoteza unui coeficient de termoficare de 0,5—0,65) va fi preluată de cazanele de vîrf care se vor instala în continuare la această CET.

Din datele de exploatare rezultă că aceste cazane de vîrf sînt deosebit de economice şi sigure în exploatare. Întrucît în energetica noastră urmează să se instaleze un mare număr de cazane de vîrf, se consideră util să se prezinte pe scurt unele date privind lucrările de pornire, punere la punct şi exploatare a primelor exemplare instalate în U.R.S.S. (la CET 20 din Moscova), pe baza datelor publicate în literatura sovietică de specialitate [1, 2] şi a discuţiilor purtate cu specialiştii care se preocupă de această problemă la CET 20.

1. Unele caracteristici generale ale cazanului PTV—100

Primul cazan de vîrf PTV-100 de apă fierbinte de 100 Gcal/h a fost instalat la CET 20 din Moscova la data de 10 decembrie 1959. Acest cazan a fost proiectat de V.T.I. Orgenergostroi şi uzinele de cazane Biisk şi construit de uzinele din Sekinsk. Au mai fost instalate trei cazane de acelaşi tip în această centrală, două în anul 1960 şi unul în anul 1961.

Cazanul de vîrf PTV-100 este conceput pentru racordare în serie la conductele de termoficare urbană, urmînd a încălzi apă pînă la o temperatură maximă de 150°C. Racordarea la reţeaua de termoficare se poate face fie pe patru căi, pentru a prelua întreaga sarcină termică a raionului (sarcina de bază), fie pe două căi, în care caz cazanul funcţionează numai la vîrful sarcinii termice [1].

Temperatura de calcul la intrarea în cazan este de 70°C dacă acesta funcţionează cu sarcina termică de bază, 113°C pentru sarcina de vîrf şi 94,5°C pentru funcţionare în regim combinat.

Debitul minim al apei de reţea care trece prin cazan la funcţionarea în regim de bază (patru căi) este de 750 t/h, iar cel maxim de 2 700 t/h. În regim de vîrf (două căi), aceste valori sînt de 1 500 t/h şi respectiv 3 150 t/h. Se menţionează că debitul minim asigură o viteză a apei în ţevile încălzitoare ale cazanului de 1 m/s. Rezistenţa hidraulică a cazanului, la un debit de 2 400 t/h la funcţionarea în regim de vîrf (două căi), este de 10 m H_2O.

Cazanul de vîrf PTV-100 are următoarele gabarite:

— distanţa dintre axele coloanelor, în cele două direcţii	7 230 mm
— dimensiunea exterioară maximă a cazanului, în plan orizontal	12 030 mm
— înălţimea de la cota 0 pînă la cota maximă superioară, fără coş	12 030 mm
— idem, inclusiv înălţimea coşului de fum	50 000 mm

Acest cazan a fost conceput să funcţioneze cu gaze naturale, avînd drept combustibil de rezervă păcură. CET 20 neavînd gospodărie de păcură, instalaţiile pentru aducerea şi injectarea păcurii în focar nu s-au montat. Cele 18 arzătoare sînt situate în două părţi ale focarului, în două etaje (fig. 1); în fiecare parte sînt prevăzute cîte şase arzătoare jos şi trei sus. Fiecare arzător este prevăzut cu cîte un ventilator de tipul EVR-4. Este important de menţionat că la CET 20 cazanele nu sînt montate absolut simetric, două fiind amplasate întoarse la 90° faţă de celelalte. Acest lucru a fost dictat de considerente de economie de spaţiu, neafectîndu-se în acelaşi timp nici comoditatea în exploatare.

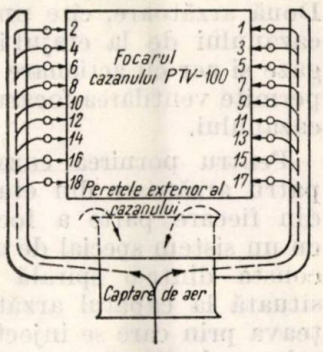


Fig. 1. Schema amplasării arzătoarelor şi a canalului de aer.

Sistemul de construcţie al sălii cazanelor este semideschis; înălţimea părţii închise este de 7 m şi cuprinde spaţiul de la cota zero pînă la nivelul arzătorului.

2. Instalaţia de automatizare şi protecţie a cazanului

Cele două regulatoare electronice, construite de uzinele „Komega", cu care este prevăzut cazanul PTV-100, reglează temperatura apei la ieşirea din cazan şi debitul de combustibil, în funcţie de temperatura exterioară a aerului (sau, mai bine zis, în funcţie de regimul termic dat). Impulsul se ia de la temperatura apei la ieşirea din cazan t_1 şi temperatura aerului exterior, t_{ext}. Regulatorul acţionează asupra registrului ventilatorului, mărind sau micşorînd cantitatea de aer în focar. Legătura dinamică a sistemului de automatizare condiţionează trimiterea impulsului la regulatorul de combustibil. După ce se epuizează intervalul de reglare a registrului ventilatorului, regulatorul de temperatură acţionează asupra unui servomotor,

care opreşte sau pune în funcţiune un nou arzător.

Regulatorul de combustibil primeşte impuls de la oxigenul din gazele de ardere şi este prevăzut pentru menţinerea unui regim economic de ardere prin reglarea cantităţii de aer, în ipoteza folosirii unui combustibil cu o putere calorică constantă.

Legătura dinamică dintre regulatorul de temperatură şi cel de combustibil are menirea de a reduce întîrzierea dintre schimbarea debitului de aer şi cel de gaze.

Această schemă asigură în fond o reglare mixtă a sarcinii termice : în trepte — prin oprirea sau pornirea unui arzător şi continuă — în limitele în care permite registrul ventilatorului. Ultima reglare are însă un rol secundar.

16 arzătoare din cele 18 au supapele de aer şi de combustibil legate de sistemul de comandă. Două arzătoare, cîte unul pe fiecare parte a cazanului de la etajul inferior, au supape de gaze şi aer cu acţionare individuală, lucru care permite ventilarea focarului înainte de pornirea cazanului.

Pentru pornirea cazanului de la distanţă, patru arzătoare din etajul inferior (cîte două din fiecare parte a focarului), sînt prevăzute cu un sistem special de aprindere. Acest sistem constă dintr-o spirală din oţel nichel-crom, situată la capătul arzătorului, către focar, în ţeava prin care se injectează combustibil. Spirala are legătură cu reţeaua electrică.

Pornirea cazanului se face de la panoul de comandă, prin pornirea pe rînd a ventilatoarelor pentru aerisirea focarului, apoi a sistemului de aprindere. După ce se aprind cele patru arzătoare prevăzute cu spirale de aprindere, se pornesc pe rînd celelalte arzătoare.

După ce se stabileşte regimul termic dorit, cazanul este trecut la funcţionarea automată.

Se menţionează că tehnicienii de la CET 20 au propus înlocuirea sistemului amintit de aprindere cu un alt sistem, cu arc voltaic la 10 kV, care este mai eficient decît cel cu spirală încălzitoare.

Instalaţia automată de protecţie prevede întreruperea admisiei gazelor şi a aerului, cînd presiunea gazelor scade sub 100 mm H_2O, cînd temperatura apei la ieşirea din cazan creşte peste 150°C sau cînd presiunea apei în cazan creşte.

Semnalizatorul electronic tip ESP-K are menirea de a atrage atenţia asupra variaţiei bruşte a debitului de apă la intrarea şi ieşirea din cazan, fenomen care are loc la spargerea unei ţevi de încălzire. În fine, cazanul este prevăzut cu un sistem de blocaj, care permite deschiderea ventilelor de gaze numai cînd circulă apă prin ţevile cazanului şi cînd funcţionează ventilatoarele.

3. Probele de pornire şi punerea la punct a primului cazan de vîrf PTV—100

Lucrările de pornire şi de punere la punct a cazanului de vîrf, cap de serie, tip PTV-100, au durat circa trei luni, în perioada primei jumătăţi a sezonului de încălzire 1959/1960.

În primele trei zile, cît a durat prima probă de pornire, nu s-a putut ridica sarcina termică peste 25—30 Gcal/h, datorită în primul rînd pulsaţiilor puternice ale focarului. După 72 de ore de funcţionare, cazanul a fost oprit pentru verificare şi înlăturarea defecţiunilor. S-au constatat greşeli la montarea arzătoarelor, şi anume nu era respectată poziţia de montare prevăzută în proiect, ovalitatea ambrazurilor a fost incorectă, iar materialul din care erau confecţionate acestea avea un grad de rugozitate foarte mare. S-a constatat de asemenea că regimul de ardere incorect, care a avut loc timp de trei zile, a dus la depunerea de funingine pe suprafeţele de încălzire, micşorînd mult schimbul de căldură al acestora.

După înlăturarea acestor defecte, cazanul a fost din nou pornit şi a funcţionat timp de 20 zile. De data aceasta nu s-au mai observat pulsaţii atît de pronunţate ale focarului, însă cazanul funcţiona nesatisfăcător. Procentul de CH_4 în gazele de ardere s-a menţinut la 4—6%, ca rezultat al arderii incomplete. Încercîndu-se să se atingă sarcina termică de calcul de la 80 la 100 Gcal/h, consumul de gaze a crescut de la 10 000 la 14 000 m³/h, fără să se realizeze însă temperatura dorită a apei la ieşirea din cazan. Gazele nu aveau suficient oxigen pentru ardere, din care cauză se menţinea o ardere incompletă. Au apărut în plus şi pulsaţii în focar.

Analizînd cauzele, specialiştii de la V.T.I. au ajuns la concluzia că la un exces optim de aer de 1,15 este necesar să se reducă presiunea gazelor de la 0,4 la 0,28 at şi să se asigure cantitatea necesară de aer. Raportul necorespunzător aer-gaze s-a datorat în plus şi faptului că admisia din canalul de aducţiune către două ventilatoare a fost blocată cu gheaţă şi zăpadă. Astfel, gazele de la aceste două arzătoare continuau să pătrundă în focar şi să consume oxigen de la alte arzătoare. S-a luat măsura ca gura de captare a aerului să fie orientată înspre cazan, evitîndu-se astfel pătrunderea zăpezii în canalul de aer (fig. 1, conturul punctat).

La alte ventilatoare, opritoarele nu erau corect fixate, ceea ce limita intervalul de reglare a aerului la registre.

O altă cauză a arderii incomplete a fost instalarea pentru ventilatoare a unor motoare electrice de 4,5 kW în loc de 7 kW, cît prevedea proiectul. Aceasta a dus la reducerea turaţiei ventilatoarelor şi deci şi a debitului de aer de la 9 000 la 7 500 m³/h. Se face menţiunea că

la următoarele cazane s-au instalat ventilatoare de tipul EVR-6, prevăzute cu motoare de 7 kW, cu turație de 960 rot/min și debit de 9 000 m³/h.

Specialistul de la V.T.I. în această problemă [2] susține însă că aceasta nu este soluția optimă. Cele mai bune bune rezultate le dau ventila-

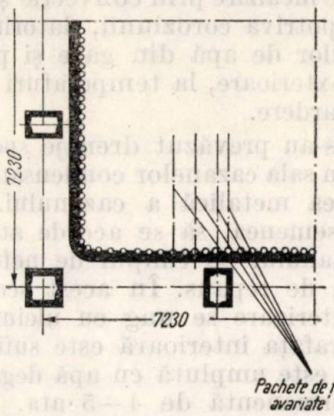


Fig. 2. Situarea pachetelor de țevi din zona de schimb de căldură prin convecție, care au fost scoase din funcțiune din cauza fisurilor apărute după înghețarea apei în țevi.

toarele de tipul EVR-4 cu motoare de 7 kW la 1 480 rot/min. Acestea pot asigura sarcina maximă a cazanului și la temperaturi mai ridicate ale aerului exterior.

Merită atenție și o altă deficiență care a avut loc cu ocazia pregătirii pentru darea în exploatare a cazanului de vîrf PTV-100. Montarea s-a terminat cu puțin timp înainte de începerea sezonului de încălzire. După ce s-a făcut proba de presiune, cazanul a fost golit de apă. S-a constatat însă că în șapte din cele 96 de pachete de țevi din suprafața de încălzire prin convecție a rămas apă, care, în intervalul de timp de la golirea după proba hidraulică și pînă la a

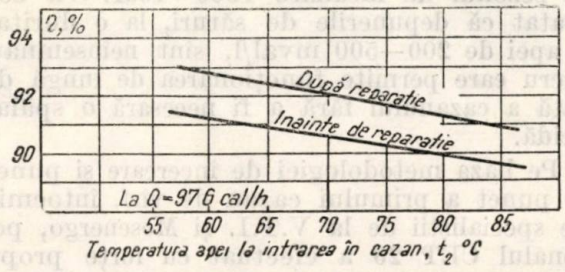


Fig. 3. Creșterea randamentului cazanului de vîrf PTV-100 după repararea serpentinelor încălzitoare, care au fost scoase din circuit, prin sudură, din cauza fisurilor care apăruseră la montaj (și care reprezentau 7% din suprafața de schimb de căldură),

doua umplere cu apă pentru începerea probelor, a înghețat, producînd fisuri în aceste țevi (fig. 2). Urgența cu care s-a cerut darea în exploatare a acestui cazan nu a permis să se scoată pachetele de țevi pentru a fi reparate fisurile apărute. Acestea au fost doar izolate de circuitul apei de rețea prin sudură.

În afară de faptul că cu aceasta s-a redus suprafața de încălzire prin convecție cu circa 7%, s-a creat în plus și un coridor de trecere liberă spre coș, mărindu-se în acest fel pierderile cu gazele de ardere. În figura 3 se poate vedea că randamentul cazanului a crescut cu circa 1,5%, după ce s-a înlăturat această deficiență.

4. Concluziile primelor probe de punere la punct a cazanului de vîrf, cap de serie, tip PTV-100

În urma probelor și măsurilor de punere la punct efectuate la primul cazan de vîrf tip PTV-100, care au necesitat circa trei luni, s-au obținut indici de exploatare identici cu cei stabiliți prin proiect (fig. 4, 5, 6 și 7).

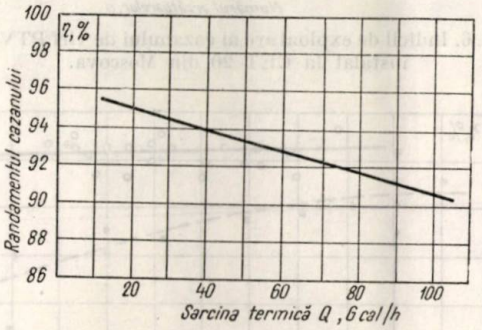


Fig. 4. $\eta = f(Q)$.

Astfel, la sarcina termică de 97 Gcal/h, randamentul cazanului este de circa 91%, iar la 40 Gcal/h acesta ajunge pînă la 95%.

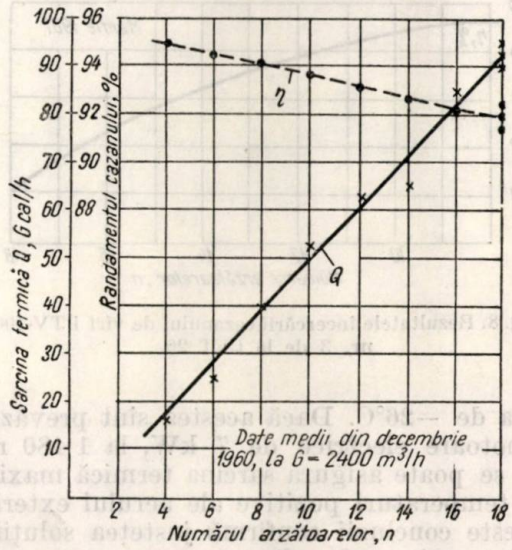


Fig. 5. Indicii de exploatare ai cazanului de vîrf PTV-100 instalat la CET 20 din Moscova.

Pentru evitarea pe viitor a deficiențelor întîlnite la primul cazan de vîrf, este necesar să se acorde o atenție deosebită montării

arzătoarelor, precum şi reglării ventilatoarelor, încă de la primele operaţii de montaj.

Ventilatoarele tip EVR-4 asigură funcţionarea cazanului în condiţii optime, la tempe-

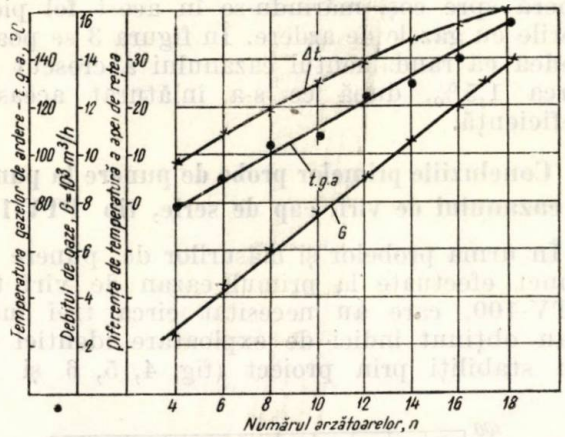


Fig. 6. Indicii de exploatare ai cazanului de vîrf PTV-100 instalat la CET 20 din Moscova.

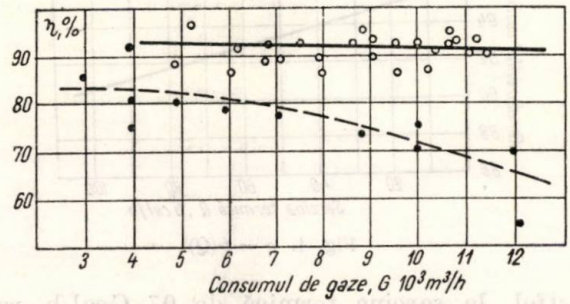


Fig. 7. Indicii de exploatare ai cazanului PTV-100 înainte (○) şi după (•) punerea la punct iniţială.

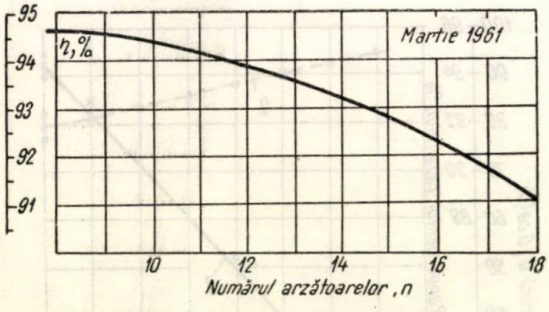


Fig. 8. Rezultatele încercării cazanului de vîrf PTV-100 nr. 3 de la CET 20.

ratura de —26°C. Dacă acestea sînt prevăzute cu motoare electrice de 7 kW, la 1 480 rot/min, se poate asigura sarcina termică maximă şi la temperaturi pozitive ale aerului exterior.

Aceste concluzii confirmă justeţea soluţiilor adoptate atît pentru fiecare parte componentă a cazanului cît şi pentru întregul agregat în ansamblu.

Cu ocazia punerii la punct a cazanului de vîrf cap de serie, s-au adus în plus şi unele corectări de importanţă mai mică, însă absolut necesare funcţionării de lungă durată a acestui agregat, ca de exemplu:

a) Prevederea pe ambele părţi ale cazanului a cîte unei ţevi de ventilare, care să comunice cu coşul, menite să asigure o aerisire corespunzătoare a părţii superioare a cazanului.

b) Luarea unor măsuri de protecţie pentru suprafaţa de încălzire prin convecţie şi a coşului de gaze împotriva coroziunii, datorită condensării vaporilor de apă din gaze şi pătrunderii umidităţii exterioare, la temperaturi reduse ale gazelor de ardere.

La CET s-au prevăzut drenaje speciale care colectează în sala cazanelor condensatul exterior de pe partea metalică a cazanului. Este necesar, de asemenea, să se acorde atenţie conservării cazanului pe timpul de nefuncţionare din sezonul de repaus. În acest scop, părţile metalice exterioare se ung cu uleiuri de protecţie. Suprafaţa interioară este suficient protejată dacă este umplută cu apă degazată la o presiune permanentă de 4—5 ·ata.

c) Este indicat ca vanele de drenaj din fontă să fie înlocuite cu vane din oţel, din considerente de exploatare şi de securitate a muncii [3].

d) Se aşteaptă rezultate pozitive de la introducerea reglării excesului de aer în gazele de ardere, la orice număr de arzătoare în funcţiune, reglîndu-se presiunea gazelor la intrarea în cazan.

*

Primele două sezoane de încălzire (1959/1960 şi 1960/1961) au constituit o perioadă preţioasă pentru urmărirea în continuare a comportării pe o perioadă mai lungă a cazanelor de vîrf.

După primul sezon de încălzire s-au verificat depunerile tari pe pereţii interiori ai ţevilor de încălzire. Această operaţie s-a repetat şi în sezonul de încălzire 1960—1961. S-a constatat că depunerile de săruri, la o duritate a apei de 200—500 mval/l, sînt neînsemnate, lucru care permite funcţionarea de lungă durată a cazanului fără a fi necesară o spălare acidă.

Pe baza metodologiei de încercare şi punere la punct a primului cazan de vîrf, întocmită de specialiştii de la V.T.I. şi Mosenergo, personalul CET 20 a efectuat cu forţe proprii toate operaţiile iniţiale de dare în exploatare şi punere la punct, într-un termen mult mai redus, a celorlalte trei cazane de vîrf instalate în anii 1960 şi 1961 [4]. După cum se vede din figura 8, rezultatele încercărilor şi reglării regimului de funcţionare al celui de-al treilea cazan de vîrf similar sînt apropiate de cele ale primului cazan.

În concluzie, pe baza datelor cerute din exploatare se constată că aceste cazane sînt de mare perspectivă în energetică, avînd ran-

damente mai mari decît cele mai puternice şi perfecţionate cazane energetice de debit mare (93—95%), la sarcina termică mai frecventă şi necesitînd investiţii specifice de cîteva ori mai mici decît în cazul rezolvării clasice a problemei. Aceste elemente schimbă substanţial limitele economice ale introducerii termoficării, în sensul lărgirii acestora în cazul calculelor tehnico-economice comparative ale CET faţă de CTE şi CT încadrate în sistemul energetic unic.

Bibliografie

[1] Jirnov, N. I., Krol, L. B., Livşiţ, E. M. şi Rabkin, I. I. *Cazane de vîrf pentru termoficare.* În: Energhetik, nr. 6, 1960.

[2] Jirnov, N. I. *Experienţa de pornire, punere la punct şi exploatare a cazanului de vîrf de termoficare tip* PTV-100. În: Teploenerghetika, nr. 9, 1961.

[3] Kurkin, N. P., Kriukov, A. I. şi Alekseev, V. A. *Dare de seamă asupra punerii la punct a cazanului de vîrf de termoficare, cap de serie, tip* PTV-100 *la funcţionare cu gaze.* Mosenergo, 1960.

[4] Fedotov, N. P. ş.a. *Dare de seamă asupra încercărilor punerii la punct a cazanului de vîrf de termoficare tip* PTV-100-3V, CET 20, Mosenergo, 1961.

DIN EXPLOATARE

Controlul regimului de temperatură al lagărelor axiale

*IVAN GROSZ** — Bucureşti

Buna comportare a lagărelor axiale este hotărîtoare în privinţa funcţionării sigure a turbinelor. Avarierea lagărelor axiale a dus, în repetate cazuri, la avarierea gravă a unor turbine. În general, controlul de exploatare al lagărelor axiale se face urmărind temperatura uleiului la ieşirea din lagăr.

Eforturile axiale variază într-o limită largă, în funcţie de regimul de funcţionare a turbinei, şi în mod corespunzător variază şi solicitarea lagărului axial. Variaţia încălzirii uleiului în lagăr reflectă în mod nesatisfăcător variaţia solicitării lagărului şi, ca atare, nu este un element operativ de control. Această situaţie a dus la faptul că în ultimii ani se preferă să se efectueze controlul funcţionării lagărelor axiale prin intermediul unor termocuple îngropate în segmenţii de lucru. Aceasta permite o urmărire a comportării lagărului mult îmbunătăţită, atît în exploatare cît şi în cursul unor încercări comportînd modificări faţă de regimul normal de funcţionare.

I. Regimul de temperatură al lagărelor axiale

Încercările făcute la un număr mare de turbine [1] au arătat că încălzirea segmenţilor are loc funcţie de solicitarea lagărului; în anumite domenii de funcţionare, această încălzire este aproape proporţională cu încărcarea lagărului. În figura 1 sînt redate rezultatele încercării unui lagăr axial al unei turbine de condensaţie A.E.G. de 50 MW, cu supraîncălzire intermediară.

Rezultă, în mod clar, deosebirea ce apare între încălzirea uleiului şi încălzirea segmenţilor. Încălzirea uleiului nu depăşeşte 1—2°C şi depinde în mică măsură de efortul axial, care a variat proporţional cu sarcina, în schimb

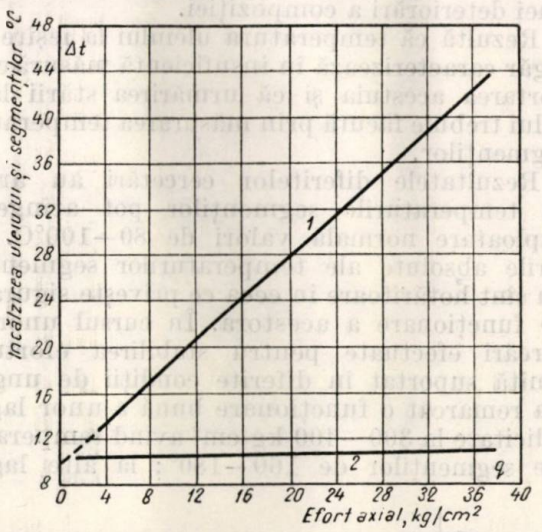


Fig. 1. Variaţia încălzirii uleiului şi segmenţilor funcţie de efortul axial la o turbină de 50 MW; *1* — încălzirea segmenţilor; *2* — încălzirea uleiului.

încălzirea segmenţilor s-a modificat cu 34°C, aproximativ 1°C la fiecare kg/cm² de creştere a solicitării specifice. În figură s-a reprezentat încălzirea medie a segmenţilor. Temperatura segmenţilor nu este aceeaşi; ea variază conform repartiţiei efortului total pe segmenţi.

Prin urmărirea încălzirii segmenţilor, anomaliile în funcţionarea lagărului pot fi sesizate mai uşor. În figura 2 se arată cum înregistrarea temperaturilor segmenţilor a pus în evidenţă o defecţiune a lagărului axial la o turbină de 50 MW [1].

* *Ivan Grosz* este inginer principal la Întreprinderea pentru raţionalizări şi modernizări energetice (IRME).

Se observă că temperaturile segmenților au crescut brusc la regim staționar cu 20—30°C. Prin descărcarea sarcinii grupului de la 50 la

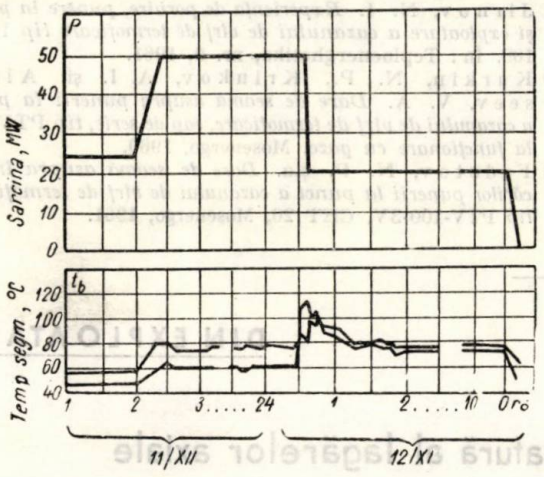


Fig. 2. Copie după diagrama înregistrării temperaturilor a doi segmenți la o turbină de 50 MW.

20 MW, temperaturile au scăzut fără să revină la valorile corespunzătoare acestei încărcări. Controlul lagărului a pus în evidență începutul unei deteriorări a compoziției.

Rezultă că temperatura uleiului la ieșire din lagăr caracterizează în insuficientă măsură comportarea acestuia și că urmărirea stării lagărului trebuie făcută prin măsurarea temperaturii segmenților.

Rezultatele diferitelor cercetări au arătat că temperaturile segmenților pot atinge în exploatare normală valori de 80—100°C. Valorile absolute ale temperaturilor segmenților nu sînt hotărîtoare în ceea ce privește siguranța de funcționare a acestora. În cursul unor încercări efectuate pentru stabilirea efortului-limită suportat în diferite condiții de ungere, s-a remarcat o funcționare bună a unor lagăre solicitate la 300—400 kg/cm² avînd temperaturi ale segmenților de 160—180°; la alte lagăre

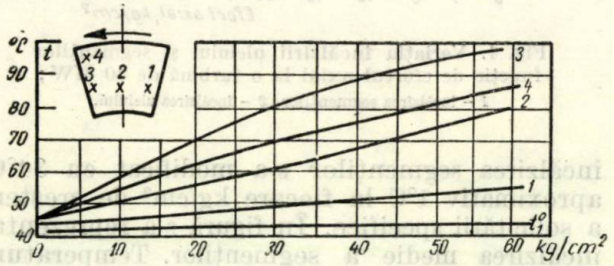


Fig. 3. Variația temperaturii funcție de încărcare în diferite puncte ale unor segmenți (lagăr cu zece segmenți cu diametrul de 230/140 mm):
t_1 – temperatură uleiului la ieșirea din lagăr.

s-au produs avarii la solicitări de 50—70 kg/cm² și la temperaturi de 80° ale segmenților [2]. Comportarea lagărelor depinde de condițiile date de ungere, de faptul dacă se poate menține regimul de lubrifiere umedă. Din acest motiv, temperaturile segmenților nu pot fi folosite pentru stabilirea solicitării-limită a lagărului dat; ele pot servi însă pentru verificarea modificării eforturilor axiale și pentru controlul repartiției sarcinii pe segmenți.

Temperaturile nu au aceeași valoare în toate zonele segmenților. Se obțin valori diferite corespunzător cu locul de amplasare a elementului de măsură [2]. Încălzirile maxime se obțin la muchiile de ieșire ale segmenților, după cum rezultă din figura 3. Din acest motiv se măsoară de obicei temperatura în zona muchiei de ieșire.

II. Măsurarea temperaturii segmenților

Măsurarea temperaturii segmenților s-a realizat în mai multe moduri [3]. Una dintre soluțiile folosite este redată în figura 4.

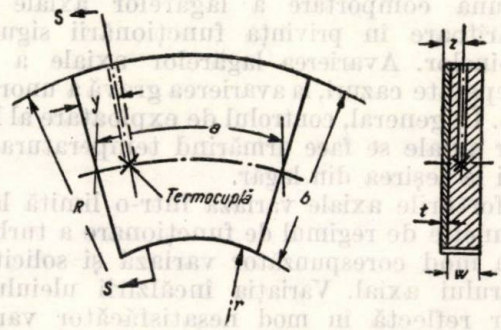


Fig. 4. Schița amplasării radiale a termocuplei în segment.

Termocuplele sînt montate radial în canale duse prin oțel la o distanță de 12,5—19 mm de la suprafața de lucru a compoziției. Dimensiunile în cazul a două mărimi de segmenți sînt următoarele:

		1	2
a	mm	127	154,5
b		136,5	136,5
r		174,5	177,5
R		311	314
t		4,75	3,20
w		25,4	47,6
y		22,2	25,4
z		12,7	19,1

(Dimensiunile au fost recalculate după valori exprimate în unități de măsură englezești).

Cu cît canalele în care sînt îngropate termocuplele sînt așezate mai aproape de suprafața de lucru, cu atît valoarea absolută a temperaturii măsurate este mai mare.

În multe cazuri se preferă montarea transversală a termocuplelor. O asemenea dispoziție este indicată în figura 5.

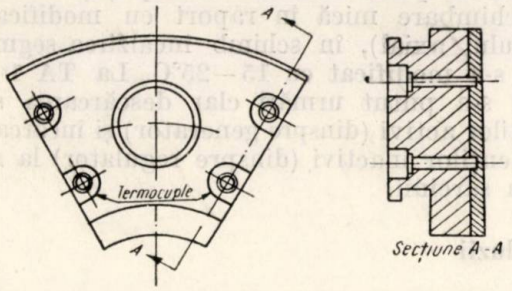


Fig. 5. Schița amplasării transversale a termocuplei în segment.

III. Măsurători efectuate prin termocuple în segmenții de sprijin ai lagărelor axiale

În vederea efectuării unui control eficient al funcționării lagărelor axiale s-a experimentat, la cîteva turbine, soluția verificării nemijlocite a temperaturii segmenților de sprijin.

Experimentarea a avut loc la TA 1 TC „Filimon Sîrbu" (I.1961) TA 1, TA 4 TC Arad (V—VI.1961). În acest scop s-au creat condiții pentru executarea măsurătorilor. În corpul segmenților s-au amplasat termocuple din Fe-Const. de 0,5 mm. Termocuplele au fost dispuse în așa fel ca elementul de măsură să fie la o distanță de circa 1—1,5 mm de suprafața de lucru, în apropierea muchiei de ieșire a segmentului de sprijin. Termocuplele au fost introduse în canale de 2,5—3 mm, un canal servind pentru dispunerea firelor de măsură, iar al doilea pentru introducerea unui șurub de consolidare. Unul dintre firele termocuplei a fost izolat cu un tub de vinilin. Pentru un contact mai bun cu materialul segmentului de sprijin, punctul de sudură al termocuplei (punctul cald) a fost fixat prin ștemuirea unei așchii

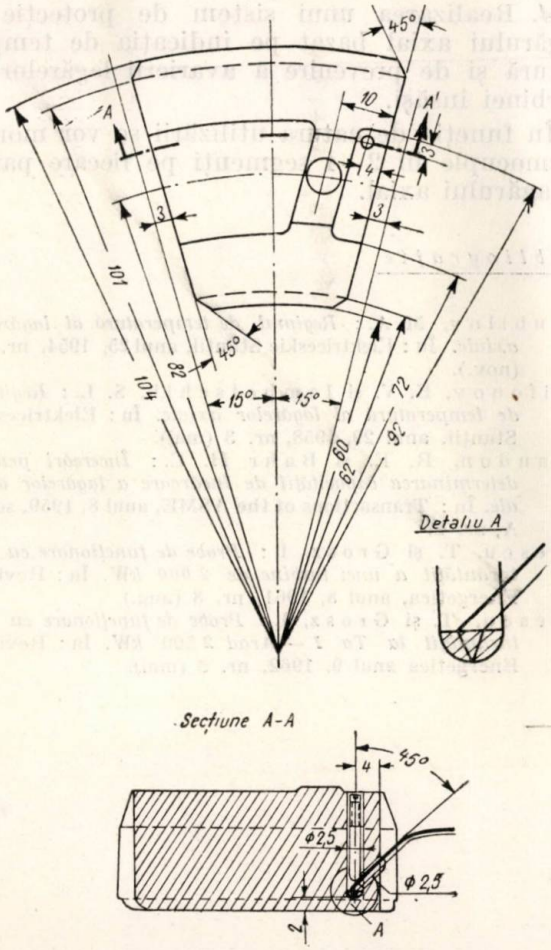


Fig. 6. Dispozitiv de măsură pentru controlul lagărului TA 1 TC „Filimon Sîrbu".

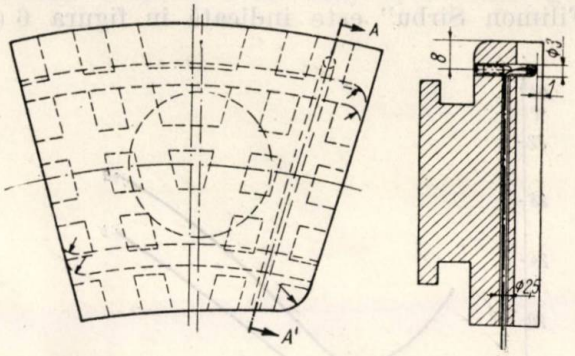


Fig. 7. Dispozitiv de măsură pentru controlul lagărului axial TA — 4 TC Arad.

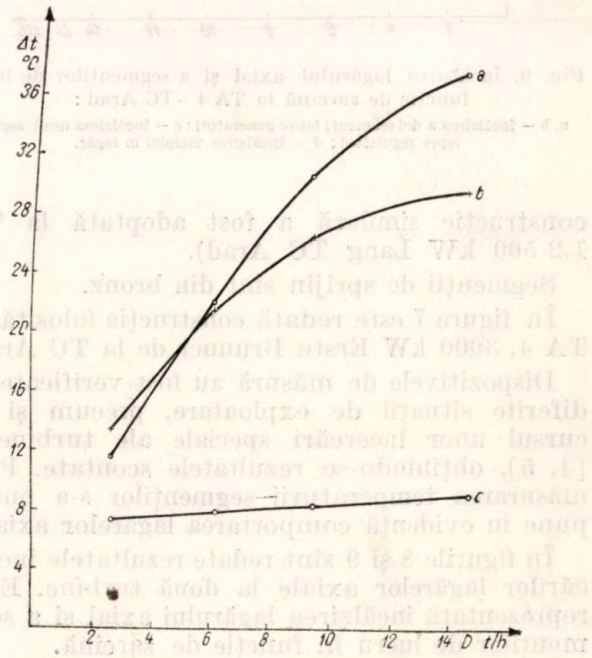


Fig. 8. Încălzirea lagărului axial și a segmenților de lucru funcție de sarcină la TA 1 TC Arad :

ΔT — diferența dintre temperatura segmentului și temperatura uleiului la ieșirea din răcitor ; D — debitul de abur admis ; a, b — încălzirea a doi segmenți (spre generator) ; c — încălzirea uleiului în lagăr.

de metal moale. Firele termocuplei sînt scoase din lagăr pe drumul cel mai scurt, prin orificiile existente sau orificii create în acest scop (etanşate cu garnitură de Pb), şi duse la aparatul indicator.

Dispoziţia termocuplelor în segmenţii de sprijin la TA 1 BBC de 2 000 kW din TC „Filimon Sîrbu" este indicată în figura 6 (o

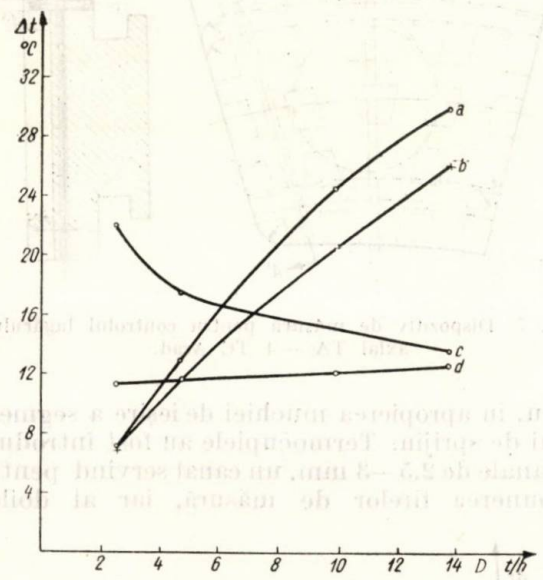


Fig. 9. Încălzirea lagărului axial şi a segmenţilor de lucru funcţie de sarcină la TA 4—TC Arad :
a, b — încălzirea a doi segmenţi (spre generator) ; *c* — încălzirea unui segment (spre regulator) ; *d* — încălzirea uleiului în lagăr.

construcţie similară a fost adoptată la TA 1,2 500 kW Lang TC Arad).

Segmenţii de sprijin sînt din bronz.

În figura 7 este redată construcţia folosită la TA 4, 3000 kW Erste Brunner de la TC Arad.

Dispozitivele de măsură au fost verificate în diferite situaţii de exploatare, precum şi în cursul unor încercări speciale ale turbinelor [4, 5], obţinîndu-se rezultatele scontate. Prin măsurarea temperaturii segmenţilor s-a putut pune în evidenţă comportarea lagărelor axiale.

În figurile 8 şi 9 sînt redate rezultatele încercărilor lagărelor axiale la două turbine. Este reprezentată încălzirea lagărului axial şi a segmenţilor de lucru în funcţie de sarcină.

Rezultă în mod clar deosebirea ce apare între încălzirea uleiului şi încălzirea segmenţilor. Variaţia încălzirii uleiului de la mersul în gol la plină sarcină nu depăşeşte 1—2°C (o schimbare mică în raport cu modificarea efortului axial), în schimb încălzirea segmenţilor s-a modificat cu 15—25°C. La TA 1 TC Arad s-a putut urmări clar descărcarea segmenţilor activi (dinspre generator) şi încărcarea segmenţilor inactivi (dinspre regulator) la scăderea sarcinii.

Concluzii

Metoda de urmărire a temperaturii segmenţilor este o metodă operativă de control al lagărelor axiale în regimuri staţionare şi tranzitorii, cu următoarele aplicaţii :

1. Verificarea comportării lagărului axial în exploatarea curentă (în special dacă s-au constatat neajunsuri).

2. Urmărirea funcţionării lagărului axial în timpul încercărilor care conduc la modificarea efortului axial.

3. Controlul repartiţiei efortului axial pe segmenţi, verificare utilă în cazul unor lagăre la care se constată o funcţionare nesatisfăcătoare.

4. Realizarea unui sistem de protecţie a lagărului axial bazat pe indicaţia de temperatură şi de prevenire a avarierii lagărelor şi turbinei însăşi.

În funcţie de natura utilizării se vor monta termocuple în 2—4 segmenţi pe fiecare parte a lagărului axial.

Bibliografie

Trubilov, M. A. : *Regimul de temperatură al lagărelor axiale.* În : Elektriceskie Stanţii, anul 25, 1954, nr. 11 (nov.).

Trifonov, E. V. şi Iampolschii, S. L. : *Regimul de temperatură al lagărelor axiale.* În : Elektriceskie Stanţii, anul 29, 1958, nr. 3 (mai).

Brandon, R. E. şi Bahr H. C. : *Încercări pentru determinarea capacităţii de încărcare a lagărelor axiale.* În : Transactions of the ASME, anul 8, 1959, seria A, nr. 2.

Iliescu, T. şi Grosz, I. : *Probe de funcţionare cu vid înrăutăţit a unei turbine de 2 000 kW.* În : Revista Energetica, anul 8, 1961, nr. 8 (aug.).

Iliescu, T. şi Grosz, I. : *Probe de funcţionare cu vid înrăutăţit la Ta 1 — Arad 2* 500 *kW.* În : Revista Energetica anul 9, 1962, nr. 3 (mai).

ÎN AJUTORUL CELOR CARE APLICĂ ŞI INTERPRETEAZĂ PRESCRIPŢIILE ENERGETICE

Prescripţiile pentru construcţia liniilor electrice aeriene cu tensiuni peste 1 000 V (partea mecanică). Porţiuni speciale de traseu

Trecerea liniilor electrice aeriene prin păduri şi plantaţii

Paragraful 157 din prescripţiile citate mai sus prevede că trecerea liniilor electrice de înaltă tensiune (cu tensiuni nominale mai mari ca 1 000 V) prin păduri şi alte plantaţii se face prin coridoare defrişate prin acestea, cu clauza că, dacă înălţimea arborilor respectivi depăşeşte 4 m, lăţimea coridorului se calculează cu formula:

$$L = D + 2H, \text{ m} \qquad (1)$$

în care:

D este lungimea maximă de traversă susţinînd conductoarele liniei (fig. 1);

H — înălţimea maximă a arborilor rămaşi pe marginea coridorului.

Înălţimea se calculează astfel încît, în cazul căderii unui arbore, presupus a se roti în jurul bazei sale, vîrful arborelui să nu depăşească verticala conductorului celui mai apropiat al liniei (fig. 1). Totodată, paragraful 158 din aceleaşi

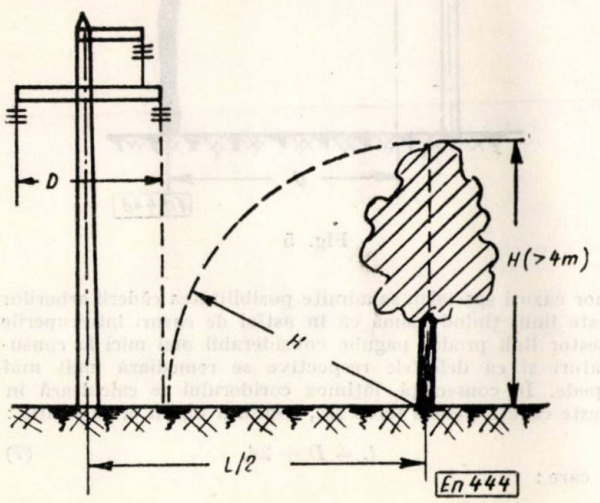


Fig. 1

prescripţii admite anumite reduceri ale lăţimii coridoarelor defrişate prin anumite păduri şi plantaţii, pe bază de acorduri între organele tutelare ale liniilor electrice şi organele forestiere.

Aceste prevederi au fost adaptate la noi după prevederile prescripţiilor sovietice corespunzătoare, care se justifică atît prin cazurile relativ rare de treceri de linii prin păduri, în cuprinsul Uniunii Sovietice, cît şi prin bogăţia mare de păduri a Uniunii, care face ca materialul lemnos pierdut prin defrişările necesare trecerii liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune să fie relativ de mică importanţă.

La noi în ţară, situaţia este mult diferită, întrucît trecerile de linii de înaltă tensiune prin masivul de păduri care brăzdează ţara, în special de-a lungul lanţului Carpaţilor şi Munţii Apuseni, sînt frecvente, iar pe de altă parte orice economie de material lemnos sacrificat este binevenită, dată fiind importanţa acestuia, atît ca material de construcţie în ţară cît şi în valorificarea sa la export.

Din aceste motive, a fost necesar ca, pe bază de comun acord între Ministerul Economiei Forestiere şi Ministerul Minelor şi Energiei Electrice, să se elaboreze în anul 1962 un nou normativ pentru defrişările necesare trecerilor prin păduri ale liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune, prin derogare la cele două paragrafe, menţionate mai sus.

Caracteristica noului normativ constă în esenţă în variaţia lăţimii coridoarelor defrişate, atît în funcţie de importanţa liniilor care trec prin ele, cît şi de poziţia relativă între linie şi pădure, ţinîndu-se seamă de situaţiile în care liniile sînt îndeosebi periclitate prin căderea arborilor asupra acestora.

Din acest punct de vedere, noul normativ prevede măsuri mai severe pentru liniile de clasa I, definite conform paragrafului 23 al prescripţiilor noastre, întrucît căderea unor arbori pe o astfel de linie, prin întreruperile ce ar provoca în alimentarea unor consumatori importanţi de energie electrică, ar conduce la pagube mult mai importante în economia ţării decît valoarea surplusului de material lemnos defrişat. Pentru astfel de linii, s-a adoptat în normativ relaţia utilizată în prescripţiile Asociaţiei electricienilor germani (VDE) pentru calculul lăţimii coridorului de defrişat, în cazul arborilor ajungînd la mai puţin de 2,50 m pe verticală dedesubtul conductoarelor sau depăşind înălţimea acestora:

$$L = D + 2 \cdot \sqrt{(H + a)^2 - h^2}, \text{ m} \qquad (2)$$

în care:

D este lungimea maximă de traversă susţinînd conductoarele liniei;

H — înălţimea maximă a arborilor rămaşi pe marginea coridorului;

a — aşa-numita „distanţă de arc", respectiv distanţa minimă la care trebuie să treacă vîrful unui arbore în cădere, de un conductor electric sub tensiune, ca să nu se producă un arc electric de la conductor la arbore. Se ia în acest caz: $a = \frac{U}{150}$, în m, în care U este tensiunea nominală a liniei, în kV;

h — diferenţa de nivel între poziţia cea mai de jos a conductorului celui mai periclitat, în căderea unui arbore, şi baza arborelui respectiv.

În teren plan şi eventual în cazul liniei în pantă laterală (perpendiculară pe linia de cea mai mare pantă) pînă la circa 10° sexagesimale, relaţia de mai sus se justifică pe baza construcţiei geometrice din figura 2, cu precizarea că în

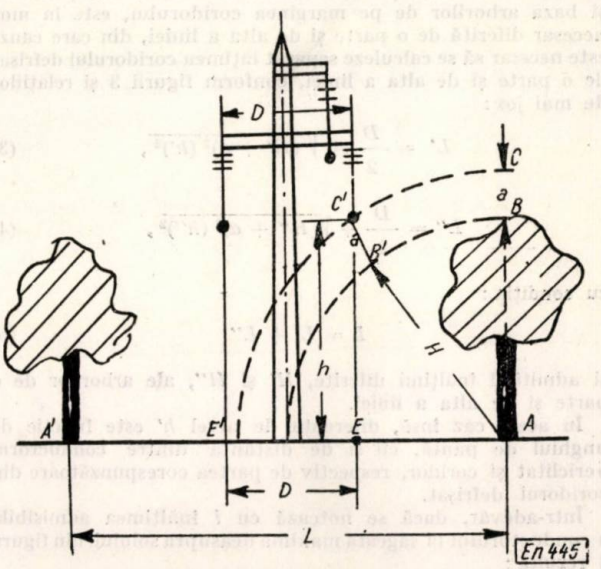


Fig. 2

acest caz h este egală (sau aproximativ egală) cu distanța pînă la sol, sub săgeata maximă, a conductorului celui mai periclitat al liniei.

În definitiv, relația (2) rezultă din condiția ca arborele în cădere să treacă la distanța a de poziția cea mai de jos a acestuia, de conductorul cel mai periclitat (la săgeata maximă a conductorului).

Din triunghiul dreptunghic ECA, a cărui ipotenuză este $H + a$ și cateta verticală h, se obține cealaltă catetă EA,

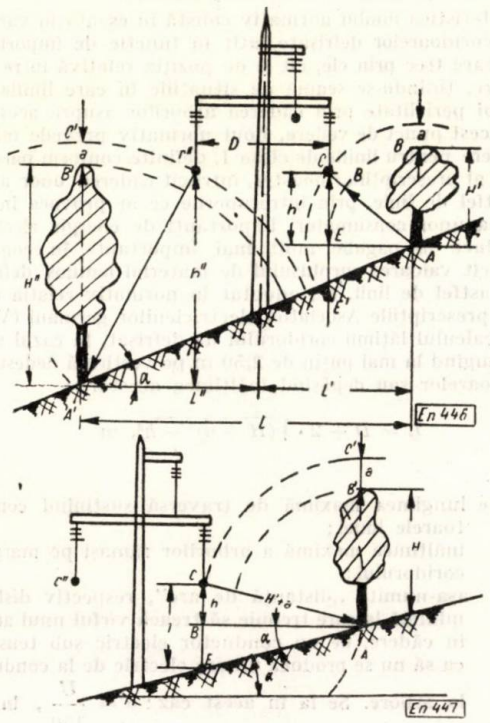


Fig. 3 și 4

sub forma radicalului din relația (2). Adunînd la dublul acestui radical lungimea D a traversei, respectiv a stîlpului liniei, se obține L, lățimea coridorului de defrișat.

În cazul cînd coridorul ce se taie într-o pădure pentru trecerea prin ea a unei linii aeriene urmează o pantă laterală, astfel cum a fost definită mai sus, diferența de nivel h, între poziția cea mai de jos a conductorului celui mai periclitat și baza arborilor de pe marginea coridorului, este în mod necesar diferită de o parte și de alta a liniei, din care cauză este necesar să se calculeze separat lățimea coridorului defrișat de o parte și de alta a liniei, conform figurii 3 și relațiilor de mai jos:

$$L' = \frac{D}{2} + \sqrt{(H' + a)^2 (h')^2}, \tag{3}$$

$$L'' = \frac{D}{2} + \sqrt{(H'' + a)^2 (h'')^2}, \tag{4}$$

cu condiția:

$$L = L' + L'' \tag{5}$$

și admițînd înălțimi diferite, H' și H'', ale arborilor de o parte și de alta a liniei.

În acest caz însă, diferența de nivel h' este funcție de unghiul de pantă, cît și de distanța dintre conductorul periclitat și coridor, respectiv de partea corespunzătoare din coridorul defrișat.

Într-adevăr, dacă se notează cu l înălțimea admisibilă a conductorului la săgeata maximă deasupra solului, din figura 4 rezultă:

$$h' = l - \overline{AB}\ \mathrm{tg}\alpha. \tag{6}$$

Necunoscuta $\overline{AB}$ se determină în acest caz pe cale grafică, știind că punctul C din figura 4 (poziția cea mai de jos a conductorului periclitat) se află la distanța $H' + a$ de punctul A, baza arborelui de pe marginea coridorului.

În consecință se construiește un arc de cerc de rază $H - a$, din centrul C, iar punctul de intersecție a acestuia cu proiecția liniei de pantă A este baza arborilor de pe marginea coridorului, determinîndu-i astfel lățimea, pe această parte a liniei electrice. Normativul conține și o tabelă cu diferite lățimi ale coridorului, calculate pentru diferite valori pentru α (unghiul de pantă) și diferite înălțimi H ale arborilor, pentru verificarea construcției grafice.

Modul de calcul prin relațiile (3), (4), (5) și construcția grafică arătată mai sus se aplică în cazurile cînd unghiul de pantă depășește valoarea de 10° sexagezimale.

La traversările prin pădurile liniilor de clasa a II-a (anumite linii de 35 kV, precum și liniile de 1—15 kV, cu excepția

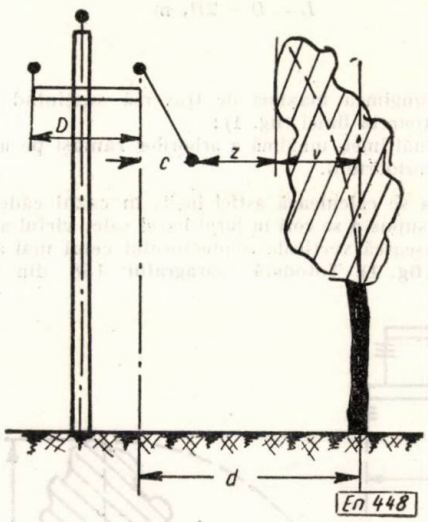


Fig. 5

unor cazuri speciale), se admite posibilitatea căderii arborilor peste linii, ținînd seamă că în astfel de cazuri întreruperile acestor linii produc pagube considerabil mai mici la consumatori și că defectele respective se remediază mult mai repede. În consecință, lățimea coridorului se calculează în aceste cazuri, pentru teren șes, conform figurii 5, cu relația:

$$L = D + 2d, \tag{7}$$

în care:

$$d = z + c + v, \tag{8}$$

unde:

z este zona de siguranță a liniei electrice, pentru care se iau următoarele valori: 2 m, pentru linii cu tensiuni pînă la 20 kV inclusiv; 4 m, pentru linii cu tensiuni de peste 20 kV;

c — devierea conductoarelor liniei electrice aeriene sub acțiunea vîntului, deviere care se va lua: de 1,5 m pentru linii cu tensiuni cuprinse între 1 și 20 kV inclusiv, de 2,5 m pentru liniile cu tensiunea cuprinsă între 25 și 35 kV inclusiv; toate liniile cu tensiuni mai mari de 35 kV se consideră ca fiind de clasa I;

v — devierea pe orizontală a coroanei arborilor, exprimată prin abaterea, sub acțiunea vîntului, de la axa normală, a arborilor celor mai apropiați de conductoare.

Pentru v se iau următoarele valori: 1 m pentru arborete sau arbori cu înălțimi pînă la 10 m; 2 m pentru arborete sau arbori cu înălțimi de 10 m și mai mult.

În cazul liniilor de clasa a II-a, amplasate în terenuri cu pantă laterală se aplică același mod de calcul ca și pentru liniile de clasa I, cu utilizarea relațiilor (3), (4), 5 și a construcției

grafice, dat fiind riscul mult mai mare al căderilor de arbori peste linii, prin alunecarea terenului din amontele liniilor.

Datorită utilizării relaţiilor (7) şi (8) în cazul trecerii prin păduri a liniilor de clasa a II-a, care sînt cele mai numeroase şi totalizează lungimi mari, se ajunge la economii apreciabile de material lemnos în cazul zonelor plane. Într-adevăr, la aplicarea acestor relaţii, se obţine, cu $D = 3$ m, o lăţime

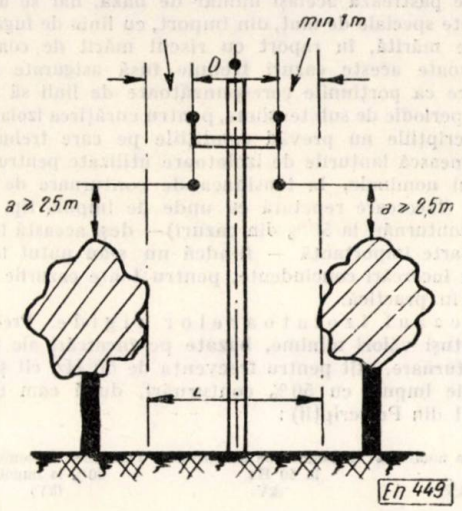


Fig. 6

de coridor de maximum 20 m, faţă de 43 m în cazul unor arbori înalţi de 20 m, respectiv 63 m în cazul unor arbori înalţi de 30 m (în pădurile conifere), cu vechea formulă sovietică.

O categorie specială, în normativ, o formează cazul cînd înălţimea arborilor este mai mică decît înălţimea minimă de suspensie a conductoarelor, cu cel puţin 2,5 m; în acest caz se prescrie o lăţime a coridorului definită prin lungimea D a traversei de suspensie a conductoarelor, plus cîte un metru cel puţin de fiecare parte pînă la proiecţia orizontală a marginii coroanei arborilor. Astfel se poate asigura minimul de spaţiu liber necesar ridicării pe verticală a conductoarelor, la montajul liniilor (fig. 6).

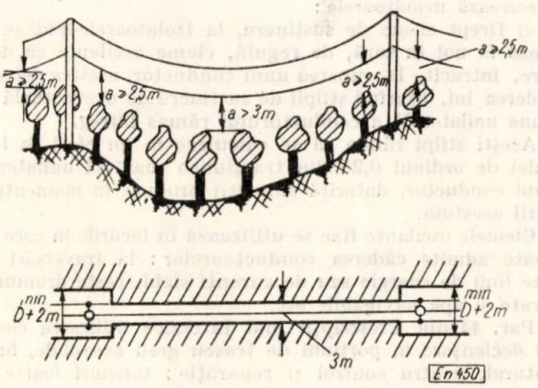


Fig. 7

În cazul traversării liniilor peste văi împădurite (fig. 7), la care înălţimea arborilor este mai mică cu cel puţin 4 m decît înălţimea minimă la care sînt suspendate conductoarele liniilor, se va asigura dedesubtul liniilor un coridor de maximum 3 m lăţime între coroanele arborilor, pentru accesul sub linie.

În cazul liniilor electrice aeriene de tensiune mai mare ca 110 kV, distanţele pe verticală, citate mai sus, se vor mări cu valoarea rezultată din relaţia:

$$d' = \frac{U_n - 110}{150}, \text{ m,} \qquad (9)$$

în care: U_n este tensiunea nominală a liniei, kV.

În rest, normativul prevede obligaţiile reciproce ale Departamentului Energiei Electrice şi unităţilor sale, precum şi ale Ministerului Economiei Forestiere şi organelor sale, în ceea ce priveşte stabilirea tăierilor de arbori necesare pentru asigurarea coridoarelor prin păduri, menţinerea lăţimii coridoarelor şi a înălţimii arborilor la valorile prescrise şi, în fine, pentru înlăturarea pericolului eroziunii şi degradării solului prin reîmpăduriri, cu respectarea culoarelor de acces.

R. V.

Prescripţiile Nr. 4/1960, pentru construcţia liniilor aeriene de energie, cu tensiuni peste 1000 V (partea mecanică). Ediţia a II-a, 1960. **Izolatoare şi armături**

1. La prevederea în proiectele liniilor de înaltă tensiune a izolatoarelor, trebuie să se ţină seamă atît de coeficientul de siguranţă mecanică al izolatoarelor cît şi de cel electric al acestora.

Coeficientul de siguranţă mecanică este raportul între sarcina de rupere a unui izolator, garantată de fabrica producătoare, şi solicitarea maximă pentru care se prevede izolatorul pe linie, ambele exprimate în kg sau tone. Se adoptă coeficienţi de siguranţă mecanică diferiţi, atît în funcţie de tipul constructiv al izolatorului respectiv cît şi de siguranţa de funcţionare ce se cere porţiunii respective de linie.

Astfel pentru izolatoarele rigide, denumite şi cu suport sau tip „Delta" (cu triplu clopot), cunoscute după iniţialele H. D 6, HD 10, HD 15 şi HD 20 etc. — în care cifrele reprezintă tensiunile nominale ale acestora, în kV —, se prevăd coeficienţi de siguranţă mecanică mai mari decît în cazul elementelor de izolator lanţ.

Aceasta se datoreşte faptului că izolatoarele rigide, care se montează vertical pe suporţi metalici, au faţă de izolatoarele-lanţ dezavantajul că sînt solicitate, la încovoiere, la tracţiuni inegale de o parte şi de alta a conductorului fixat pe aceste izolatoare, în timp ce izolatoarele-lanţ sînt solicitate în funcţionare normală la întindere. În caz de tracţiuni inegale, de o parte şi de alta a sa, lanţul de susţinere se înclină şi ajunge în cele din urmă tot la o solicitare mecanică centrică. În plus, izolatoarele rigide au o formă mai complicată, într-un volum de regulă redus, ceea ce duce la neuniformităţi de turnare în grosimea pereţilor, şi totodată la o reducere a siguranţei mecanice mai pronunţată decît în cazul elementelor de izolatoare pentru lanţuri.

Din aceste motive, în par. 40 din Prescripţii, în timp ce pentru elementele de lanţ se admite un coeficient de siguranţă mecanică egal cu acel al conductoarelor, 2, în porţiunile normale de traseu, şi 2,5 în cele care cer siguranţă mărită (în special la traversări de linii, căi de transport şi construcţii), coeficienţii de siguranţă, prescrişi în aceleaşi cazuri pentru izolatoare rigide, se măresc la 2,5 în porţiuni normale de traseu şi la 3,2 în porţiunile cu siguranţă mărită.

În cazul izolatoarelor-lanţ trebuie observat faptul că lanţurile de susţinere sînt solicitate la greutatea conductoarelor plus sarcina maximă de chiciură, care de regulă rămîne mult sub jumătate din forţa de rupere a lanţului. În situaţia cea mai grea, la ruperea unui conductor, conductorul rămas intact trage unilateral de lanţul de susţinere, pînă îl aduce în prelungirea conductorului, lucrînd ca lanţ de întindere.

Întrucît, însă, în unele cazuri lanţurile de susţinere au o rezistenţă la rupere mai mică decît cele de întindere, Prescripţiile prevăd, la par. 40 c, că într-un asemenea caz de avarie coeficientul de siguranţă mecanică poate fi luat egal cu 1,3.

Mai este de observat că, deşi lanţurile de întindere se dimensionează la acelaşi coeficient de siguranţă ca şi conductoarele, acestea din urmă se rup aproape totdeauna mai întîi, descărcînd lanţul. Aceasta se întîmplă din două motive:

— elementele pentru lanţuri de izolatoare au o scară fixă a rezistenţelor de rupere: cele fabricate în ţară au rezistenţe de rupere de 4 şi 6 tone, iar cele din import, de regulă, urcă şi la 8 şi 10 tone pe lanţ. Or, izolatoarele se aleg totdeauna de tipul cu rezistenţa imediat mai mare decît tracţiunea maximă posibilă în conductorul respectiv, astfel încît, în mod normal, acesta se rupe înaintea lanţului de izolatoare;

— chiar admiţînd rezistenţa la rupere a izolatoarelor egală cu tracţiunea maximă în conductor, lanţul posedă o anumită elasticitate, în sensul că tijele duble, formînd legătura între elementele de lanţ, au un anumit joc, astfel încît tracţiunea maximă din conductor nu se transmite asupra lanţului decît după un scurt timp, dar în care se rupe conductorul.

Coeficientul de siguranţă electrică se exprimă prin raportul dintre tensiunea de încercare a lanţului sau izolatorului rigid şi tensiunea de conturnare sub ploaie corespunzătoare. În Prescripţii, la par. 41, s-a prins această idee sub forma ca tensiunea de conturnare sub ploaie a unui lanţ de izolatoare — tensiune care se calculează cu formule uzuale — să fie de cel puţin 95% dintr-o serie de valori date, în funcţie de tensiunea nominală a liniilor pe care se întrebuinţează aceste lanţuri. Această serie, valabilă pentru lanţuri suspendate pe stîlpi metalici sau de beton armat, se reproduce în cele ce urmează :

Tensiunea nominală a liniei (kV)	*Tensiunea de conturnare sub ploaie* (kV)
35	85
60	160
110	240
220	440

Cifrele din coloana din dreapta sînt stabilite pe bază de încercări asupra izolatoarelor fabricate în ţară ; ele sînt mai reduse decît cele corespunzătoare la aceleaşi tensiuni nominale, prevăzute în prescripţiile sovietice şi germane.

În practică, fabricile ar trebui să garanteze — pentru lanţuri formate cu diferite tipuri de elemente, în funcţie de numărul de elemente pe lanţ — tensiunea minimă de conturnare sub ploaie la care rezistă lanţul în fiecare caz, iar în raport cu aceste cifre, proiectantul să aleagă numărul de elemente pe lanţ, astfel încît tensiunile garantate să fie cu minimum 5% mai mici decît valorile de mai sus, şi pe cît posibil mai mari.

În realitate însă fabrica producătoare de astfel de izolatoare din R.P.R. nu garantează cifre în funcţie de numărul de elemente pe lanţ, ci pe baza încercărilor ei se recomandă următorul număr de elemente, la tipurile de elemente de lanţ IC_4 şi IC_6, cu capă şi tijă, diferind între ele numai prin performanţele lor mecanice :

la 35 kV	4 elemente pe lanţ
la 60 kV	5 elemente pe lanţ
la 110 kV	7 elemente pe lanţ
la 220 kV	12 (13) elemente pe lanţ*

Aceste cifre sînt valabile pentru lanţuri de susţinere şi pentru stîlpi metalici sau de beton armat. În cazul că lanţurile se suspendă pe stîlpi de lemn, se scade cîte un element din fiecare număr de mai sus, dar numai atunci cînd stîlpii respectivi au traverse (console) de lemn sau traverse metalice nelegate la pămînt.

Paragraful 42 din Prescripţii prevede numărul de elemente suplimentare ce se adaugă la lanţuri, în funcţie de diferite considerente. În cele ce urmează se vor da exemple de aplicare a acestui paragraf :

A. Stîlp de 110 kV, în zone lipsite de depuneri pe izolatoare ; stîlpul este plasat la 1 200 m înălţime, este stîlp de traversare prevăzut cu descărcătoare de protecţie şi are 60 m înălţime pînă la cel mai înalt lanţ, fiind echipat cu lanţuri de întindere :

Numărul de bază pentru elementele lanţurilor de susţinere (stîlp metalic)	7
Spor pentru lanţ de întindere	1
Spor pentru altidudinea peste 1 000 m	1
Spor pentru înălţimea peste 40 m a stîlpului (la 2 × 10 m depăşire)	2
Total	11 elemente

B. În aceeaşi situaţie, un stîlp pentru linie de 220 kV se prevede cu lanţuri compuse din 15 elemente, după cum urmează :

Numărul de bază pentru elementele lanţurilor de susţinere (stîlp metalic)	12 (13)
Spor pentru lanţ de întindere : nu se prevede la 220 kV	
Spor pentru altitudine peste 1 000 m	1
Spor pentru înălţimea peste 40 m a stîlpului (ca mai sus)	2
Total	15 (16)

* Cu izolatoare din ţară (cifră încă neprecizată), cu izolatoare de tip german K 8, 11 elemente pe lanţ.

C. În cazuri de amplasări de linii în zone cu depuneri de fum, funingine, cenuşă, ciment, sare marină, săruri diverse etc., pentru stabilirea numărului de bază al elementelor pe lanţ de susţinere se procedează astfel :

— se măreşte numărul de bază cu unul sau două elemente, după riscul mai mic sau mai mare de conturnare, datorită depunerilor ;

— se păstrează acelaşi număr de bază, dar se utilizează elemente speciale de lanţ, din import, cu linia de fugă la conturnare mărită, în raport cu riscul mărit de conturnare.

În toate aceste cazuri trebuie însă asigurate măsurile necesare ca porţiunile corespunzătoare de linii să poată fi scoase periodic de sub tensiune, pentru curăţirea izolatoarelor.

Prescripţiile nu prevăd condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească lanţurile de izolatoare utilizate pentru diferite tensiuni nominale, la tensiunea de conturnare de 50% la impuls (încercare repetată cu unde de impuls tip, pînă se obţin conturnări la 50% din cazuri) — deşi această încercare este foarte importantă — fiindcă nu s-au putut încă face în ţară încercări concludente, pentru toate cazurile care intervin în practică.

În cazul izolatoarelor rigide, Prescripţiile dau totuşi valori minime, bazate pe încercări ale tensiunii de conturnare, atît pentru frecvenţa de 50 Hz, cît şi pentru undă de impuls cu 50% conturnări, după cum urmează (par. 41 din Prescripţii) :

Tensiunea nominală (kV)	Tensiunea de conturnare la 50 Hz (kV)	Tensiunea de conturnare 50% la impuls (kV)
6	30	65
10	35	90
15	45	115
20	55	140
35 kV pe stîlpi metalici sau de beton armat	85	210
35 kV pe stîlpi de lemn (în condiţiile arătate mai sus)	80	180

Pentru izolatoarele rigide amplasate la altitudini peste 1 000 m se prescrie o creştere a tensiunii de conturnare cu cîte 7,5% la fiecare 500 m spor peste 1 000 m.

De asemenea, în zonele cu depuneri se utilizează izolatoare pentru treapta imediat superioară, ca tensiune nominală, sau cu două trepte mai sus, după caz.

2. În ceea ce priveşte armăturile în legătură cu prevederile par. 43, 44, 45, 46 şi 47 din Prescripţii, se mai precizează următoarele :

a) Drept cleme de susţinere, la izolatoarele-lanţ se utilizează la noi în ţară, de regulă, cleme oscilante cu declanşare, întrucît, la ruperea unui conductor, acestea determină căderea lui, uşurînd stîlpii de susţinere de o eventuală tracţiune unilaterală a conductorului rămas întreg.

Aceşti stîlpi rămîn să se calculeze la un efort în lungul liniei de ordinul 0,25 din tracţiunea maximă unilaterală a unui conductor, datorită smucirii produse în momentul ruperii acestuia.

Clemele oscilante fixe se utilizează în locurile în care nu se poate admite căderea conductoarelor : la traversări peste alte linii de energie sau de curenţi slabi, peste drumuri, căi ferate şi ape navigabile etc.

Par. 44 din Prescripţii mai interzice utilizarea clemelor cu declanşare în porţiuni de traseu greu accesibile, în mod natural, pentru control şi reparaţie : terenuri foarte accidentate, bălţi, lunci inundabile etc., deoarece o cădere totală a unui conductor în asemenea zone, de exemplu pe un întreg panou de întindere, ar duce la durate îndelungate ale reparaţiilor şi deci la întreruperi lungi în alimentarea consumatorilor de energie electrică.

Pe de altă parte însă, stîlpi de susţinere din beton armat nu pot fi construiţi la dimensiuni economice decît dimensionîndu-i la o tracţiune redusă în lungul liniei, corespunzătoare echipării cu cleme de susţinere oscilante cu declanşare. Cum însă, totodată, multitudinea drumurilor şi a circuitelor telefonice, ce încrucişează traseele liniilor electrice de înată tensiune, impune utilizarea stîlpilor de susţinere la traversări, spre a se face faţă ambelor exigenţe — descărcarea stîlpului şi evitarea căderii conductorului — este necesară utilizarea clemelor cu declanşare blocate prin cleme de oprire,

situate la o anumită distanță de cele dintîi și care opresc căderea conductorului la atingerea clemei de oprire cu cea de declanșare.

Se recomandă înlocuirea unui astfel de sistem, cu funcționare relativ nesigură, prin adoptarea clemelor cu tracțiune limitată, utilizate în prezent în U.R.S.S. și în Franța. Acestea admit, în cazul ruperii unui conductor, o deplasare limitată, prin clemă, a conductorului rămas și apoi îl opresc, mărind astfel săgeata în deschiderea vecină, dar descărcînd stîlpul corespunzător de tracțiunea unilaterală, pînă la valori echivalente cu cele date de clemele cu declanșare.

Problema traversărilor cu stîlpi de susținere de beton armat peste drumuri și linii de telecomunicații nu este, de asemenea, încă rezolvată în mod satisfăcător pe liniile de 6—15 kV, echipate cu izolatoare rigide; în prezent, profitîndu-se de faptul că aceste traversări au loc mai mult în zone locuite sau semilocuite, se reduc în mod substanțial atît deschiderea de traversare cît și deschiderile adiacente, făcînd astfel foarte puțin probabilă o rupere de conductor. Se mai recurge, de asemenea, la ancorări, care însă nu asigură coronamentul stîlpului contra tracțiunilor unilaterale.

b) În ceea ce privește ancorajele și stîlpii de colț, se utilizează la noi aproape exclusiv clemele de întindere cu con și numai la secțiunile foarte mari (la liniile de 220 kV și ulterior de 400 kV) s-au adoptat clemele cu tragere, prevăzînd înnădirea separată, în prelungire, prin manșoane trase cu presa hidraulică, a inimii de oțel de o parte și a mantalei de aluminiu de alta. Este de dorit ca, în măsura creșterii secțiunilor de conductoare pe liniile de 110 kV, să se utilizeze clemele cu tragere și pe secțiunile maxime ale acestora.

c) Pentru înnădirea conductoarelor, active și de protecție, Prescripțiile prevăd, la par. 45, obligativitatea utilizării clemelor de înnădire, cu condiția ca punctele de înnădire să aibă o rezistență la rupere de cel puțin 90% din cea a conductorului.

La noi în țară se utilizează, de regulă, clemele de înnădire cu suprapunerea capetelor conductoarelor: cu nituri pe liniile de 6—15 kV, manșoane cu crestare pe liniile de 35 și 110 kV, toate acestea fiind cleme de legătură electrică și mecanică. Pe cordoanele stîlpilor de întindere se utilizează cleme cu șuruburi, de legătură electrică.

Pe conductoarele de secțiune mare (la 220 kV) s-au utilizat înnădirile cap la cap, cu manșoane trase cu presa hidraulică, separat pentru inima de oțel și separat pentru mantaua de aluminiu. Acestea se vor utiliza în viitor la 400 kV, precum și la secțiunile mari, pe linii de 110 kV.

În încheiere, capitolul V din Prescripții prevede coeficienți de siguranță mecanică pentru armături, și anume pentru cele de pe conductoare valori egale cu cele prescrise pentru acestea, iar pentru armăturile izolatoarelor, cîrlige, buloane etc. valori ceva mai mari (2,5 la tracțiune normală, 3 la tracțiune redusă). Suporții de izolatoare rigide, la 6—15 kV, se verifică numai la solicitările normale.

Ing. **Vlad Rădulescu**

DOCUMENTARE

Electroenergetică

V. L. Goruşkin, A. A. Krunina, T. S. Latişeva. **Despre extinderea domeniului problemelor ce pot fi rezolvate cu mașinile cifrice de mici dimensiuni.** Elektricestvo, **83**, nr. 7, 1962, p. 28—29, 4 ref. bibl.

Cu ajutorul mașinilor cifrice de calcul se poate rezolva orice problemă, cu condiția să fie întocmit algoritmul problemei. În mod practic însă apar unele limitări determinate de construcția mașinilor: a) memoria mașinilor are capacitate limitată; b) viteza de calcul, deși este mare, este totuși limitată; c) domeniul numerelor cu care mașina poate opera este de asemenea limitat. Cu cît mașina este mai mică și mai simplă, aceste limitări sînt, de regulă. mai rigide. În același timp însă, aceste mașini au dimensiuni mici și prezintă costuri relativ reduse.

În legătură cu aceasta, se arată că la rezolvarea unor categorii de probleme pe astfel de mașini apar dificultăți însemnate. Printre aceste probleme sînt: rezolvarea sistemelor de ecuații algebrice de ordin înalt prin metoda lui Gauss, calcularea determinanților, înmulțirea și calcularea matricelor de ordin înalt, rezolvarea ecuațiilor caracteristice de ordin înalt etc.

Deoarece însă în energetică și electrotehnică asemenea probleme se întîlnesc frecvent, s-a pus problema găsirii unei căi de depășire a dificultăților menționate. În articol se arată că dificultățile descrise pot fi în mare parte înlăturate prin trecerea la operații cu cifre reprezentate în „formă normală", sub forma

$$x = q_x \cdot 2^{p_x},$$ în care q_x este mantisa și p_x ordinul.

Asupra numerelor reprezentate în formă normală, pot fi efectuate toate operațiile aritmetice. Acestea se efectuează cu ajutorul unor programe speciale; în articol se expun regulile operațiilor aritmetice cu numere în formă normală.

Cu ajutorul metodei indicate în articol se pot rezolva o serie de probleme, ca: transformarea matricei de ordinul 10, rezolvarea unui sistem de ecuații algebrice (de ordinul 10), prin metoda lui Gauss, calcularea unui determinant (de ordinul 10), determinarea valorilor proprii ale unei matrice (de ordinul 10). Limitările se stabilesc exclusiv de către volumul memoriei mașinii.

Metoda descrisă este de asemenea utilă pentru rezolvarea unor probleme în care este necesară o precizie însemnată. Trebuie numai să se țină seamă că trecerea la funcționare cu virgulă fluctuantă, care este posibilă prin metoda indicată, mărește sensibil volumul programelor și timpul necesar rezolvării problemelor.

em. c.

I. S. Stekolnikov, E. M. Bazelian. **Reducerea tensiunilor de descărcare a izolației sistemelor electrice la un anumit tip de supratensiuni de comutație.** Elektricestvo, **83**, nr. 7, 1962, p. 36—40, 6 ref. bibl., 5 fig.

Problema alegerii corecte a izolației devine deosebit de actuală la proiectarea liniilor de transport de tensiune supraînaltă. Intervalele de izolare a acestor linii sînt determinate de supratensiunile de comutare, iar în calcule se utilizează tensiunea de descărcare a intervalului, obținută la creșterea uniformă a tensiunii de frecvență industrială. Deoarece, însă, forma undei de supratensiune (și la supratensiunile de comutație) diferă în mod net de tensiunea de frecvență industrială, rezultatele obținute pe calea menționată au numai valoare orientativă în ceea ce privește comportarea izolației.

Numeroase experiențe au arătat că durata frontului undei ce apare în regim de comutație variază între 200 și 5 000 μs. Dificultățile legate de producerea unei game atît de largi de unde au făcut ca datele experimentale să fie limitate; astfel nu au putut fi încă stabilite legile care leagă mărimea tensiunii de descărcare cu forma undei incidente. S-a menționat numai că rigiditatea intervalului este în anumite cazuri diferită de cea obținută la frecvența industrială.

În articolul prezentat se face încercarea de a aprecia influența supratensiunilor de comutație asupra izolației liniilor prin studierea caracteristicilor de descărcare a intervalelor de aer de mai mulți metri și a izolatoarelor de porțelan la tensiune de impuls cu front exponențial, a cărui durată a variat între 20÷700 μs. Forma undei a fost menținută aceeași

în decursul experienţelor. Din experienţele efectuate au rezultat următoarele concluzii :

a) Tensiunea de descărcare la unda experimentală, în domeniul 150÷250 μs, se reduce cu valori pînă la 30% faţă de tensiunea de descărcare la frecvenţă industrială. Acest fenomen se constată atît la interval de aer cît şi la izolatoare ; armătura de protecţie a avut o influenţă foarte redusă asupra tensiunii de descărcare.

b) Dacă unda supratensiunii de comutaţie se suprapune peste tensiunea de funcţionare a liniei, formarea descărcării are loc în intervalul cu sarcină spaţială, care este produsă în zona de lîngă electrod, la tensiunea de funcţionare de frecvenţă industrială. Aceasta se traduce prin mărirea tensiunii de descărcare a intervalului, care poate compensa reducerea datorată undei de formă modificată şi poate astfel mări rigiditatea izolaţiei la supratensiuni de comutaţie.

Se vede astfel că, în regimurile de comutare, asupra izolaţiei liniilor de transport pot acţiona unde de tensiune cu lungimea frontului situată în domeniul în care tensiunea de descărcare este minimală. Este deci important să se stabilească mărimea limită a intervalului, dincolo de care reducerea rigidităţii izolaţiei la supratensiuni de comutare devine preponderentă pentru alegerea izolaţiei. Din calculele efectuate rezultă că la unde cu front de 150—350 μs şi mai mult nivelul de izolaţie a liniilor de 300 kV şi mai mult trebuie determinat ţinîndu-se seamă de rigiditatea la unda de forma menţionată. Astfel, problema posibilităţilor apariţiei unor unde de acest tip capătă mare însemnătate. Calculele orientative au arătat că, datorită reducerii rigidităţii intervalului la unde de tipul menţionat, distanţele de izolaţie ar trebui mărite de peste 1,5 ori, dacă nu se iau măsuri de limitare a supratensiunilor. Se menţionează că în aceste cazuri utilizarea descărcătoarelor nu este oportună.

em. c.

F. I. Singiugov. **Utilizarea reactoarelor jumelate la staţiile coboritoare.** Elektriceskie stanţii, **33**, nr. 7, 1962, p. 57—59, 2 fig.

În prezent capătă o largă răspîndire schemele staţiilor coboritoare de 110 kV cu reactoare de grup la 6—10 kV. Ca reactoare de grup, se recomandă a se folosi reactoarele jumelate, ţinînd seamă de faptul că utilizarea acestora ar asigura o reducere considerabilă a variaţiilor tensiunii pe barele de 6—10 kV ale staţiilor respective.

Analiza comparativă — prezentată în articol — între efectul pe care îl au reactoarele de grup normale şi reactoarele jumelate asupra variaţiilor tensiunii pe barele alimentate arată că efectul folosirii reactorului jumelat este minim tocmai pe secţiunea de bare la care au loc variaţiile zilnice de tensiune cele mai mari. Acest lucru are loc în staţii cu două sisteme de bare, în care sarcina între secţiunile de bare poate fi echilibrată.

În cazul staţiilor cu un singur sistem de bare secţionate, la care în general sarcina este rapartizată neuniform pe secţiuni, şi maximul de sarcină al secţiunilor nu coincide în timp, pot avea loc chiar situaţii în care variaţia tensiunii la barele mai încărcate va fi mai mare la folosirea reactoarelor jumelate decît la folosirea reactoarelor de grup normale.

Rezultă deci că folosirea reactoarelor jumelate ca reactoare de grup la staţiile coboritoare este justificată pe considerentul reducerii variaţiilor tensiunii numai în cazul repartiţiei uniforme, stabile a sarcinii pe secţiunile de bare. În acest caz, utilizarea reactoarelor jumelate poate duce la reducerea de aproximativ două ori a componentei variaţiei zilnice a tensiunii pe barele de 6—10 kV, produsă de căderea de tensiune în reactoare, în raport cu reactoarele de construcţie normală.

em. c.

M. K. Rubţov, B. D. Bajanov, G. S. Beleaev, **Problemele actuale ale electrificării agriculturii.** Elektricestvo, **83**, nr. 6, 1962, p. 1—5.

Sarcinile trasate agriculturii sovietice în cadrul luptei întregului popor sovietic pentru construirea comunismului impun creşterea însemnată a productivităţii muncii. Pentru aceasta, agricultura va trebui să fie dotată cu tehnica cea mai modernă, cu mecanizarea complexă şi electrificarea producţiei şi va trebui să folosească mijloacele de automatizare.

P.C.U.S. consideră drept una dintre sarcinile principale electrificarea agriculturii în cel mai scurt timp. Către sfîrşitul septenalului, zona rurală a U.R.S.S. va consuma pînă la 28 TWh sau de patru ori mai mult decît a consumat în 1958. Peste 20 de ani, satul va absorbi anual 200 TWh, ceea ce va duce la electrificarea totală a tuturor colhozurilor şi sovhozurilor.

În următorii ani ai septenalului se vor cheltui pentru electrificarea agriculturii circa 3 miliarde ruble, din care 1,7 miliarde din bugetul de stat.

Aproape 80% din energia electrică pentru agricultură va fi furnizată de sistemele energetice şi centralele mari. Se vor realiza şi centrale Diesel automatizate, care vor alimenta zonele izolate.

Dezvoltarea reţelelor electrice rurale şi alimentarea centralizată cu energie electrică vor da posibilitatea să se renunţe la exploatarea centralelor termo- şi hidroelectrice mici şi neeconomice existente în zonele rurale. În zonele izolate de sistemele energetice se vor construi centrale moderne după proiecte-tip, din construcţii prefabricate ; acestea se vor dota cu utilaj automatizat.

Printre sarcinile principale care vor trebui rezolvate se află şi sarcina reducerii costului construirii şi exploatării reţelelor. În acest scop urmează să se utilizeze pe scară mai largă tensiunea mărită pe liniile magistrale, să se reducă treptele de transformare şi, acolo unde este posibil, să se folosească pentru alimentarea rurală staţiile de tracţiune electrică. Merită atenţie sistemul de alimentare cu energie cu un conductor care foloseşte pămîntul ca al doilea conductor.

Creşterea productivităţii muncii în agricultură nu poate fi imaginată fără electromecanizarea complexă a proceselor staţionare, fără introducerea masivă a acţionării electrice. Folosirea electricităţii înlătură normele şi noţiunile învechite de organizare a muncii.

Energia electrică îşi găseşte în agricultură cele mai felurite aplicaţii : în prelucrarea seminţelor şi păstrarea fără pierderi a recoltei, la calibrarea porumbului, în sistemele de alimentare cu apă, în pregătirea hranei animalelor, în împărţirea hranei, în iradierea cu radiaţii ultraviolete şi infraroşii—metode care prezintă efecte însemnate pentru întreţinerea şi ameliorarea parcului de vite şi păsări. În ultimii ani au fost create lămpi speciale sub lumina cărora se pot obţine recolte bogate de legume, fără lumină solară. Au fost proiectate sere în care iluminatul se va realiza numai cu aceste lămpi. Se fac diverse încercări pentru electromecanizarea proceselor de împărţire a hranei şi stringere a gunoiului de grajd.

Pentru electromecanizarea complexă şi eficace a muncilor în fermele zootehnice au o mare însemnătate măsurile prevăzute de Institutul unional pentru electrificarea agriculturii în vederea asigurării alimentării sigure şi neîntrerupte cu energie electrică. Întreruperile de durată în alimentarea cu energie electrică provoacă perturbarea întregului proces tehnologic. Continuitatea alimentării este asigurată prin folosirea unei scheme raţionale de reţele, prin efectuarea la timp a reparaţiilor preventive planificate, prin automatizare şi prin secţionarea şi buclarea liniilor. Într-o serie de cazuri, pentru asigurarea continuităţii în alimentare se vor folosi centrale electrice de rezervă automatizate. O metodă eficace de rezervare este instalarea unor generatoare de 15—20 kW, care să poată funcţiona cuplate cu tractoare.

Deşi în prezent nu se poate vorbi de o adevărată automatizare în agricultură, ea este însă tot atît de necesară ca şi în industrie. Ideea automatizării totale a agriculturii poate părea azi prea îndrăzneaţă ; ea va putea apărea numai pe baza maşinilor moderne de calcul, care să ţină seamă de multitudinea factorilor eterogeni care intervin în agricultură. În prezent se fac eforturi însemnate pentru introducerea automatizării în diverse ramuri ale agriculturii.

em. c.

N. M. Şikinov. **Despre criteriul de apreciere a electrificării colhozurilor.** Elektriceslvo, **83**, nr. 6, 1962, p. 6—8, 2 tabele.

În legătură cu sarcinile deosebit de însemnate legate de electrificarea agriculturii, se constată că în anumite cazuri datele despre numărul de colhozuri electrificate nu prezintă o situaţie reală, deoarece în unele dintre aceste colhozuri electricitatea este folosită numai pentru iluminat, şi acela redus.

Acest lucru are loc din cauză că criteriile actuale de apreciere a nivelului de electrificare a colhozurilor şi sovhozurilor sînt primitive, nu corespund cerinţelor actuale. Într-adevăr, se prezintă două exemple de colhozuri electrificate, din care primul consumă 1 500 MWh anual şi al doilea numai 0,3 MWh. În aceste condiţii apar dificultăţi legate de planificarea generală a electrificării colhozurilor: celor considerate în statistică electrificate li se atribuie fonduri numai pentru extinderi, or aceste fonduri nu pot, în cazurile citate, satisface necesităţile reale.

Pentru remedierea acestei situaţii şi stabilirea unor criterii reale de apreciere a nivelului electrificării, autorul propune:

1. Pentru aprecierea electrificării, unitatea de bază de pînă acum — gospodăria colhoznicului — să fie înlocuită cu altă unitate, „un hectar de pămînt lucrat". Desigur că în calculele consumurilor casnice, elementele principale vor rămîne „familiile colhoznicilor".

2. Pentru a ţine seamă de diferenţierile ce apar în dezvoltarea electrificării diferitelor colhozuri, acestea să fie împărţite în trei grupe, după consumul de energie electrică. Din datele prezentate rezultă că consumul minim (la 1 ha lucrat) prevăzut pentru fiecare din grupe este: aproximativ 15 kWh/ha pentru grupa I, 30 kWh/ha pentru grupa a II-a şi 55 kWh/h pentru grupa a III-a.

Se menţionează că la stabilirea criteriilor diferenţiate de apreciere trebuie să se ţină seamă de condiţiile climatice şi particularităţile zonei.

În cadrul articolului, conducătorii unei întreprinderi de electrificare rurală îşi exprimă acordul cu propunerea făcută.

em. c.

N. Z. Havin, I. G. Barg. **Despre extinderea domeniului de utilizare a reparaţiilor pe fază la liniile de transport.** Elektriceskie stanţii **33**, nr. 6, 1962. p. 85—87, 2 fig,. 1 tabelă.

Pînă în prezent reparaţiile pe fază la liniile de transport au avut o dezvoltare neînsemnată. Introducerea lor a fost limitată de unele condiţii: a) utilizarea reparaţiilor pe fază a fost luată în considerare numai în condiţiile existenţei comenzii pe fază, în instrucţiuni acest lucru apărînd ca o condiţie obligatorie a lucrului pe fază; b) s-a considerat că reparaţia pe fază este metoda cu cele mai multe posibilităţi de manevre greşite şi accidente dintre toate metodele de lucru fără întreruperea tensiunii, cunoscute în prezent. De aceea în instrucţiuni au apărut unele condiţii limitative: reparaţia pe fază se poate executa dacă există posibilitatea întreruperii fazei cu întrerupător şi separator, se poate executa numai la liniile cu conductoarele aşezate în plan orizontal, cu distanţe mărite între conductoare.

Practica exploatării a arătat că reparaţiile pe faze pot avea o extindere mai mare şi că pot fi folosite diverse scheme pentru aplicarea lor, şi anume:

1. În reţelele de 110 kV (cu neutrul pus la pămînt), cu întreruperea şi punerea la pămînt a fazei în reparaţie şi trecerea liniei la funcţionare în două faze. Lucrările pot avea loc atît în cazul aşezării conductoarelor în plan orizontal cît şi în alte cazuri de aşezare a conductoarelor (în alte cazuri intră în discuţie numai o parte dintre conductoare, a căror situaţie este analizată în articol).

2. În reţelele de 35 kV (cu neutru izolat), cu sau fără întreruperea fazei reparate şi cu trecerea liniei la funcţionare în regim „două conductoare—pămînt". Se descriu diverse moduri de a realiza punerile la pămînt pe conductorul în reparaţie. Se arată condiţiile lipsei de pericol pentru personalul de reparaţii. Se subliniază necesitatea ca izolaţia fazelor rămase în funcţiune să suporte o tensiune de regim cu $\sqrt{3}$ mai mare decît cea de regim normal. Atît trecerea în regim de reparaţie pe fază cît şi revenirea la schema normală se efectuează prin întreruperi de scurtă durată ale liniei.

Schema de reparaţie cu punerea la pămînt a unei faze a liniei, fără întreruperea ei, poate fi folosită şi pentru repararea reţelelor de 3—20 kV, după stabilirea metodicii corespunzătoare.

em. c.

A. B. Oslon, **Calculul prizelor de pămînt de adîncime pentru stîlpii liniilor electrice.** Elektriceslvo nr. 12, decembrie 1961, p. 59—63.

După ce se arată că articolul este o continuare a unor studii mai vechi şi reprezintă o sinteză privind calculul prizelor de pămînt, se scot în evidenţă aspectele impuse de practică la rezolvarea acestor probleme. Creşterea gradului de mecanizare în execuţia traseelor liniilor de înaltă şi foarte înaltă tensiune — necesită folosirea pentru legarea la pămînt a stîlpilor liniilor electrice — a unor prize de pămînt simple care să poată fi introduse sub fundaţiile stîlpilor. Se prezintă unele forme de prize cu structuri geometrice simple şi se arată modul lor de montare şi calculul în funcţie de tipul solului prin care trece linia. După ce se arată că metodele folosite în prezent pentru calculul prizelor de pămînt de adîncime au neajunsul că recurg în mare măsură la ipoteze de aproximare şi conduc la folosirea în proiectare a unor coeficienţi stabiliţi şi ei prin aproximaţie, se prezintă o nouă metodă de calcul. Noua metodă elimină neajunsurile enumerate de autor şi permite calculul cît mai exact al rezistenţei prizelor de pămînt de adîncime cu ajutorul unor formule relativ simple. Se mai prezintă formulele de calcul al rezistenţei diferitelor ansambluri, luîndu-se în considerare influenţa mutuală dintre electrozi, deduse cu ajutorul relaţiilor pentru determinarea potenţialului punctelor într-un cîmp radial-sferic. Relaţiile de calcul se exemplifică pe diverse forme de prize de pămînt, cabluri sau inele — în soluri omogene şi neomogene de diferite rezistivităţi.

a. c.

J. H. M. Skyes, **Dezastru în reţeaua de 275 kV.** British Power Engineering nr. 5, apr. 1962, p. 60.

Stîlpii metalici ai liniilor de înaltă şi foarte înaltă tensiune ale sistemului britanic au fost totdeauna proiectaţi pe baza unor ipoteze acoperitoare. De aceea se poate considera că distrugerea survenită în urma unei furtuni a doi stîlpi de traversare a liniei Blyth — Boldon — Hartmoor — Lackenby reprezintă o avarie surprinzătoare. Stîlpii de traversare înalţi de 122 m avînd o deschidere de 590 m serveau pentru trecerea rîului Tyne. Dezastrul s-a întîmplat în noaptea de 15 februarie 1962 şi se pare că viteza vîntului a atins 160 km/h. La ora 4 a.m. s-a rupt stîlpul sudic care în cădere a distrus o conductă de petrol, focul putînd fi evitat numai datorită intervenţiei energice a pompierilor. Dezechilibrul creat şi tracţiunea datorită vîntului pe conductoare au dus la ruperea la ora 5,2 şi a stîlpului nordic; acesta în căderea lui a distrus un zid de împrejmuire şi un mic atelier. Datorită orei nu sînt de deplîns victime.

a. r.

Reîntinderea conductoarelor între Sicilia şi continent. L' Electrotecnica **49**, nr. 1, ian. 1962, p. 30—31.

La 21 iulie 1961 nava braziliană „Loide Argentina", trecînd prin strîmtoarea Messina — deşi a fost avertizată anterior şi i s-a atras atenţia de asemenea prin semnale optice, acustice şi pirotehnice —, a lovit şi rupt conductoarele nr. 3 şi 4 ale liniei de înaltă tensiune care trece peste strîmtoare. Conductoarele fuseseră coborîte pentru operaţii de verificare a străzii conductorului nr. 4. În acest scop conductoarele nr. 3 şi 4 fuseseră dezlegate de la stîlpii de întrudere şi numai conductorul 3 era ţinut de contragreutatea sa; datorită slăbirii tracţiunii, conductoarele care în mod normal lasă o distanţă liberă de 70 m în punctul de săgeată maximă, se aflau la 30 m de suprafaţa mării. Tocmai în acest punct au fost agăţate de catargul navei braziliene. În momentul

agățării, contragreutatea de 45 t a fost brusc ridicată ca apoi după ruperea conductoarelor să cadă de la o înălțime de 13 m. Au căzut în același timp pe cele două maluri lanțurile de întindere respective și aparatura legată la conductoare și desigur și conductoarele. Dezastrul s-a soldat cu pierderea totală a celor două conductoare, perderea totală a unui complex de ancorare și contragreutate, pierderea unei părți din echipamentul și materialele pregătite pentru lucru, avarierea clemelor de susținere și a lanțurilor respective; avarierea unei console, avarierea fundației stîlpului de ancorare a contragreutății și alte avarii la diferite instalații. Reîntinderea unui nou conductor a putut fi făcută la sfîrșitul lui septembrie, legătura putînd fi restabilită numai datorită faptului că se dispunea de un conductor și alte materiale din rezerva de detaliu a liniei. Reparațiile efectuate s-au limitat la cele strict necesare pentru repunerea în funcțiune a trei conductoare.

a. r.

L. A. Werte, **Jgheab electromagnetic pentru transportarea metalului lichid,** Elektricestvo, **83**, nr. 5, mai 1962, p. 74—77.

Jgheab electromagnetic a fost denumit un nou tip de pompă de inducție pentru pomparea metalelor greu fuzibile, în stare topită. Caracteristica sa este aceea că metalul este supus acțiunii unui cîmp magnetic mobil (care se deplasează) într-un jgheab deschis, de-a lungul căruia se deplasează sub formă de flux fără presiune cu suprafață liberă. Inductorul este așezat pe toată lungimea jgheabului, dedesubt, deasupra sau lateral.

Avantajele pe care această soluție le prezintă sînt: condiții ușurate de funcționare a căptușelii refractare, posibilități de curățire și reparare a jgheabului, posibilități de încălzire a jgebabului prin arzătoare cu flacără amplasate în lungul său etc.

Instalația experimentală realizată pentru precizarea caracteristicilor noii metode reprezintă un jgheab de circa 6 cm cu inductorul plasat dedesubt și cu încălzire cu gaze.

Calculul inductorului se poate baza cu suficientă precizie pe formulele principale de calcul ale pompelor de inducție. La instalația experimentală au fost verificate valorile obținute prin calcul pentru componenta verticală a inducției magnetice deasupra inductorului și pentru forțele electromagnetice create de cîmpul magnetic ce se deplasează.

În jgheabul electromagnetic, în afara forțelor longitudinale orientate în direcția mișcării cîmpului magnetic, asupra metalului lichid acționează de asemenea forțe de respingere electromagnetică normale la suprafața inductorului. Acestea ușurează condițiile de funcționare ale căptușelii refractare.

Coincidența satisfăcătoare a datelor experimentale cu curbele teoretice, în condițiile coincidenței curentului de calcul al inductorului cu cel măsurat la ridicarea datelor experimentale, arată că metoda de calcul adoptată este corespunzătoare pentru calculul aproximativ al jgheaburilor electromagnetice.

Jgheabul experimental a fost prevăzut pentru transportul fontei lichide pe orizontală cu o productivitate de ordinul zecilor de tone pe oră. Încercările au arătat că mărimile au fost depășite, astfel că s-a putut realiza ridicarea capătului jgheabului și transportarea fontei la 1500—1550°C în sus pe o înclinare de 3—5% (2°). Productivitatea a fost în acest caz de 40—60 tone/oră; capacitatea apreciată de transport pe orizontală a fost de 200—300 t/oră.

Cu ocazia acestei încercări s-a constatat că zgura ce se formează nu este antrenată în sus împreună cu fonta, ci se scurge în sens invers, astfel că apare un fenomen de autocurățire a metalului lichid.

Încercările efectuate au arătat că întreruperea jetului de metal poate fi realizată prin inversarea cîmpului sau reducerea tensiunii la inductor (în cazul jgheabului înclinat în sus).

Consumul de energie electrică a fost măsurat la circa 0,02—0,03 kWh/tonometru pe cale orizontală și 0,2 kWh/tonometru pe înclinare în sus de 3—4%. Factorul de putere al instalației este de 0,1—0,3.

Calculele tehnico-economice preliminare au arătat că metoda propusă reduce investițiile în transportul fontei de 2 ori, iar cheltuielile de exploatare cu 40%, mărind productivitatea muncitorilor ocupați cu transportul fontei de 3 ori în plus, această metodă creează premisele rezolvării transportului continuu al fontei lichide și deci ale automatizării complexe a producției uzinelor metalurgice.

Termoenergetica

L. A. Șubenko—Șubin și S. I. Ostrovski. **Turbina de abur la parametri supracritici și cu răcire, tip CKP-100, fabricată de Uzina de turbine Harkov.** Energomașinostroienie nr. 6, 1962, p. 4—10.

Uzina de turbine din Harkov a întocmit proiecte pentru turbinele de 300 MW cu condensație și 100 MW cu contrapresiune la parametrii inițiali ai aburului 300 at, 650°C. Dat fiind problemele deosebite care se pun la astfel de parametri s-a adoptat hotărîrea ca în prealabil să se construiască turbina CKP-100, spre a fi experimentată în instalații industriale, și pe baza rezultatelor experimentale obținute să se treacă la fabricarea turbinei de 300 MW ale cărei corpuri, de supraînaltă și înaltă presiune le constituie turbina CKP-100.

Turbina CKP-100 are puterea de 100 MW, parametrii aburului la intrare 300 at, 650°C, supraîncălzire intermediară la 565°C și contrapresiune la 31 at. Consumul maxim de abur al turbinei este de 690 t/h.

Corpul de presiune supraînaltă este construit în două variante:

— „austenitic", la care se utilizează în mare măsură proprietățile unor noi mărci de oțeluri speciale austenitice și se folosesc în esență soluțiile constructive verificate la turbinele construite anterior;

— „cu răcire", la care sînt utilizate noi forme constructive, reducîndu-se la maximum detaliile din oțeluri aliate austenitice.

Articolul prezintă particularitățile de bază ale turbinei CKP-100 „cu răcire". Răcirea se face cu abur de 520°C obținut din aburul viu răcit cu apa de alimentare a cazanului. Aburul de răcire circulă prin canale speciale răcind organele de intrare a aburului viu în turbină, carcasa și rotorul turbinei din corpul de supraînaltă presiune.

Prima turbină este destinată pentru centrala termoelectrică din Kașira.

Există certitudinea că experimentarea industrială și verificarea soluțiilor constructive adoptate pentru turbina CKP-100 vor permite ca în scurt timp să se treacă la agregate de puteri mari cu temperatura de intrare de 700—750°C, utilizîndu-se numai materiale asimilate și în special austenitice.

t. n.

A. Kroms. **Construcții de centrale electrice în S.U.A.** Elektrizitätswirtschaft **61**, nr. 6, 1962, p. 151 — 160, 18 fig., 8 tab., 18 ref. bibl.

Se dau rezultatele ultimei anchete bienale organizate în 1961 privind costurile de investiții și de exploatare ale centralelor termoelectrice puse în funcțiune din 1958 înainte, și anume 24 centrale noi și 33 extinderi, cu o putere instalată totală de circa 20 GW.

Puterea instalată în aceste centrale variază între 1200 și 15 MW, puterea medie instalată fiind de 345 MW. Cele 150 grupuri turbogeneratoare instalate în centrale au puteri unitare între 355 și 7 MW, puterea medie a grupurilor fiind de 134 MW.

Tabela de mai jos arată costurile de investiții și de producție, în comparație cu date corespunzătoare din anii anteriori.

Felul costurilor		1960	1956	1950
Investiția specifică (exclusiv stația exterioară)	$/kW	152,5	146	145
Prețul de cost al energiei produse				
— costuri fixe	mill$/kWh	3,40	3,90	4,75
— costuri de exploatare	mill$/kWh	3,50	3,25	3,65
total costuri de producție	6,90	6,90	7,15	8,40
Cota parte a costurilor de combustibil din suma costurilor de exploatare	%	82,5	83,0	75,0
Factorul de utilizare al CTE	%	64,8	69,0	79,4
Consumul specific de căldură	kcal/kWh	2610	2740	3100
Schema de personal	om/MW	0,306	0,57	0,71

La circa 50% din centralele anchetate, costurile de producţie ale energiei electrice au fost $\leqslant$ 7 mil$/kWh, iar la o treime din centrale mai mici de 6 mil$/kWh. Ele sînt diferenţiate în raport cu puterea instalată:

Puterea instalată, MW	Costul energiei, mil $/kWh
>500	5,6
300–500	5,9
150–300	6,6
100–150	7,7
75–100	9,3

Media investiţiei specifice, de 152,5 $/kW, reprezintă de asemenea rezultatul unei dispersări largi de valori, între 78 şi 273 $/kW, în raport cu mărimea centralei, tipul de construcţie (închis sau deschis) şi felul combustibilului. Date de ansamblu sînt arătate în fig. 1.

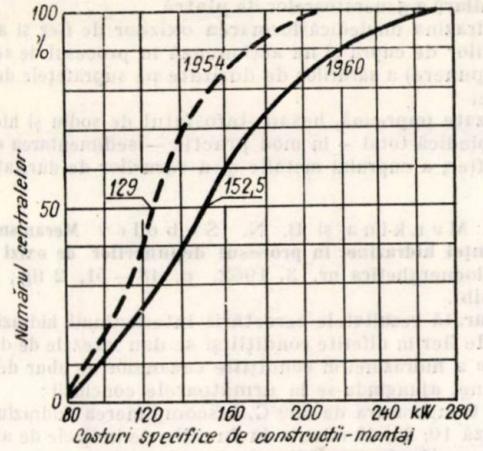


Fig. 1. Evoluţia investiţiei specifice centralelor termoelectrice (1954 şi 1960).

Costurile energiei variază în raport cu amplasamentul regional al centralelor. În regiunile de sud-vest ale S.U.A., unde se preferă tipul de construcţie deschis şi sînt disponibile gaze naturale, se constată cele mai reduse costuri de investiţii şi preţ de energie: circa 100 $/kW, respectiv 4,8–5,0 mil$/kWh. În nord-est, unde lipsesc combustibilii locali şi unde condiţiile climatice impun construcţia închisă a centralelor, costurile de investiţii se ridică în medie la 207 $/kW, cele de energie la 8,1–8,2 mil$/kWh. Costurile combustibililor variază în aceste regiuni de sud între 0,60 şi 0,80 $/Gcal, în medie 0,73 $/Gcal, iar în nord între 1,20 şi 1,60 $/Gcal, în medie 1,40 $/Gcal.

Costurile specifice de investiţii sînt în urcare, cu toate simplificările aduse centralelor şi mărirea puterii unitare a agregatelor, datorită creşterii continue a preţurilor de materiale. Variaţia costurilor specifice de investiţii faţă de puterea instalată, diferenţiate după tipul de construcţii şi după felul combustibililor, este arătată în fig. 2.

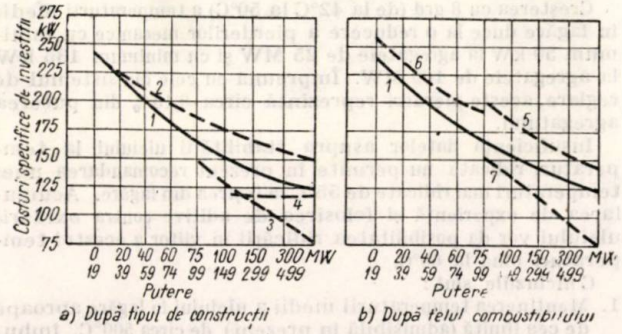


Fig. 2. Costurile specifice de investiţii de CTE:
1 – CTE în ansamblu; *2* – CTE de tip închis; *3* – CTE de tip descoperit; *4* – CTE numai cu cazanele descoperite; *5* – CTE alimentate cu cărbuni; *6* – CTE alimentate cu păcură; *7* – CTE alimentate cu gaze.

Costurile de investiţii ale centralelor descoperite sînt după datele anchetei cu 30–35% mai reduse decît cele ale centralelor acoperite. La aprecierea acestei diferenţe de costuri trebuie avut în vedere şi combustibilul. Cele mai multe centrale descoperite se găsesc în sud, unde combustibilii la îndemînă sînt gazele şi păcura. Aceşti combustibili relativ ieftini permit o simplificare a instalaţiilor cazanului. Costurile a 11 centrale descoperite variază între 78 şi 166 $/kW, în medie 117 $/kW. Consumurile specifice se situează la aceste centrale între 2 600 şi 2 700 kcal/kWh. Cele 34 centrale acoperite au costat între 99 şi 273 $/kW, în medie 174 $/kW. Costurile de investiţii ale centralelor acoperite sînt prin urmare cu 50–55 $/kW mai urcate decît cele descoperite. Scumpirea se datoreşte în special părţii de construcţie a cazanului, precum şi instalaţiilor pentru mărirea randamentului termic, care se ridică la aceste centrale la numai 2 400 kcal/kWh sau chiar mai puţin. Costurile specifice de exploatare reprezintă în medie 3 mil$/kWh. Aceste costuri n-au variat substanţial din 1950, cu toate că de atunci s-a scumpit preţul combustibilului. Stabilizarea costurilor de exploatare se explică prin îmbunătăţirea randamentului termic, mărirea puterilor unitare şi automatizarea exploatării centralelor. Costurile de exploatare au o dispersie destul de mare, între 1,9 şi 8,3 mil$/kWh, provenită în general din preţurile combustibilului din diferitele regiuni, costul combustibilului reprezentînd circa 80% din costurile de exploatare. În 30% din centralele anchetate, costurile se situează sub 3 mil$/kWh. Costurile de întreţinere şi reparaţie au însumat 7–10% din totalul acestor costuri.

Consumul specific de căldură a variat la centralele anchetate între 2260 şi 3920 kcal/kWh, cele 10 valori optime situîndu-se între 2260 şi 2610 kcal/Wh. Valoarea medie este de 2610 kcal/kWh, ceea ce reprezintă 15% mai puţin decît în 1950. Sporul de randament termic s-a obţinut prin unităţi mai mari, parametrii aburului mai ridicaţi şi supraveghere mai bună a exploatării. Raportul dintre puterea centralelor şi consumul de căldură este arătat în fig. 3. Dintre centralele anchetate, 44%, adică 71% din puterea totală, lucrează cu abur de cel puţin 136 at şi 535°C.

Numărul specific de oameni pe MW instalat scade continuu în noile centrale, datorită unităţilor mai mari şi extinderii

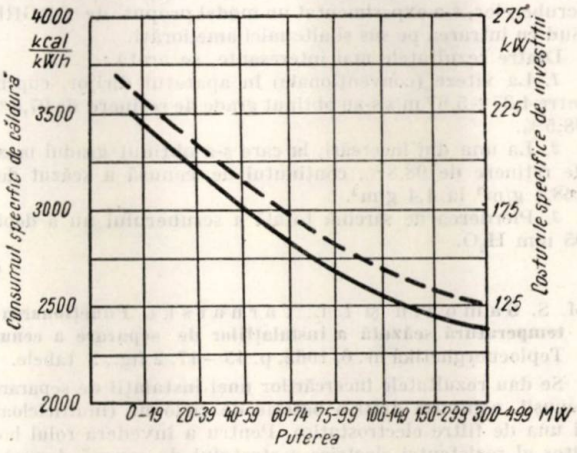


Fig. 3. Influenţa mărimii centralei asupra consumului de căldură şi a costurilor de investiţii:
1 – consumul specific de căldură; *2* – costurile specifice de investiţii.

automatizării. În centralele cu puteri mai mari de 100 MW, numărul de oameni este de 0,24–0,28 om/MW, din care 70% reprezintă personalul de exploatare şi întreţinere.

Numărul de oameni este influenţat de felul combustibilului; în centralele alimentate cu cărbuni se găsesc 1,5–2,5 ori mai mulţi oameni pentru exploatare şi întreţinere decît în centralele alimentate cu gaze şi păcură.

v.b.

Arderea păcurilor cu conținut ridicat de sulf în U. R. S. S. Energhetik, nr. 5, 1962, p. 1—4.

Consumul de păcură în U.R.S.S., exprimat în % din consumul total de combustibil al centralelor electrice, a fost în 1958 de 5%, iar în anii 1965 și 1980 va fi de 10% și 14%.

Caracteristicile păcurii sînt: S ÷2—4%, A ⩽ 0,3%.

Din examinarea arderii acestei păcuri rezultă:

Corodarea prin sulf limitează durata ultimelor elemente ale preîncălzitoarelor de aer la 2÷3 ani.

Prin introducerea metodei de curățare cu alice și folosirea de aditivi (magnezita în special) perioada de funcționare limitată de curățire a crescut de la 1,5 luni la 4 luni.

Ultimele elemente ale preîncălzitoarelor de aer se construiesc din țevi scurte; ele nu sînt sudate, ci văluite.

Calea cea mai eficace de combatere a coroziunilor este arderea cu exces foarte mic de aer. Aceasta conduce la: reducerea O_2; micșorează SO_3 în gaze și coboară punctul de rouă. La excesul $\alpha_T'' \leqslant 1{,}05$, punctul de rouă coboară de la 140°C la 90°C.

Reducerea excesului de aer comportă:

— reglarea individuală a aerului la arzătoare;

— etanșarea foarte bună a focarului;

— evitarea reglării supraîncălzirii prin aer.

Cu presiunea de pulverizare a păcurii de 35 at, domeniul de reglare devine 100—50%, întrucît pulverizarea este încă bună la 7÷10 at. Este însă necesar ca injectoarele să fie verificate săptămînal.

Este de dorit ca conținutul de cenușă să fie coborît la 0,1%.

Se recomandă introducerea arderii sub presiune în cazan.

Este indicat să se prefere la cazane preîncălzitoare de aer de tip rotativ.

c.d.

N. V. Pestrii ș. a. **Cercetarea unui model de captator umed de cenușă cu intrarea gazelor pe sus.** Teploenerghetika, 1, 1962, p. 11—14, 4 fig.

Scruberele (captatoarele umede de cenușă) existente în CTE au intrarea gazelor pe partea inferioară și deci mișcarea axială a gazelor are loc în sens contrar celui al filmului de apă, ceea ce reduce stabilitatea de funcționare și mărește riscul de antrenare a stropilor de apă. Pentru remedierea acestor neajunsuri și pentru a mări în același timp eficacitatea scruberelor, s-a experimentat un model propus de ORGRES-Sud cu intrarea pe sus și alte mici ameliorări.

Dintre rezultatele mai interesante, se arată:

1. La viteze (convenționale) în aparatul dirijor, cuprinse între 4,37÷5,67 m/s s-au obținut grade de reținere de 97,6%÷98,5%.

2. La una din încercări, la care s-a obținut gradul maxim de reținere de 98,8%, conținutul de cenușă a scăzut de la 168,4 g/m³ la 4,4 g/m³.

3. Pierderea de sarcină totală a scruberului nu a depășit 95 mm H_2O.

c.d.

M. S. Samohin și I. L. Tarnarski. **Funcționarea la temperatură scăzută a instalațiilor de separare a cenușii.** Teploenerghetika nr. 6, 1962, p. 45—47, 2 fig., 3 tabele.

Se dau rezultatele încercărilor unei instalații de separare a cenușii, compusă dintr-o baterie de cicloane (multicicloane) și una de filtre electrostatice. Pentru a învedera rolul hotărîtor al rezistenței electrice a stratului de cenușă depusă pe electrozi, care la rîndul ei este influențată de temperatura gazelor arse, s-a mărit suprafața preîncălzitorului de aer, astfel încît gazele să fie răcite sub 150°C (limita la care se obține stabilitatea și eficacitatea filtrelor electrostatice fiind apreciată la 145÷155°C).

În același timp, pentru a mări gradul de reținere a multicicloanelor, s-a redus unghiul de intrare de la 25 la 18°. Cu această modificare și prin coborîrea temperaturii gazelor pînă la 125÷135°C, s-au obținut următoarele rezultate: la arderea unui cărbune cu $a = 24—27\%$, gradul de reținere al multicicloanelor 90—93%, la o sarcină electrică de 120÷130 mA, gradul total de curățire atinge 99÷99,5%; sub sarcina de 50 mA, eficacitatea scade sensibil.

c.d.

N. N. Mankina **Condițiile de formare a depunerilor în prezența elementelor de duritate și metode de evitare.** Elektriceschie Stanții 2, 1962, p. 13—16, 3 fig., 1 tab., 6. bibl.

Cercetările publicate pînă în prezent pentru studierea depunerilor de piatră au fost dedicate cercetării separate a condițiilor de formare a oxizilor de fier, fosfaților de fier, silicaților de fier, depunerilor de calciu, magneziu și cupru, și lămuresc condițiile de formare a depunerilor, influența factorilor asupra vitezei procesului separat pentru fiecare din generatoarele de piatră.

În practică aceste elemente nu apar separat, ci împreună, și deci procesul de depuneri trebuie examinat în aceste condiții. Cercetările făcute au dus la următoarele concluzii:

1. Hexametafosfatul de sodiu micșorează de 3—4 ori viteza de depunere a oxizilor de fier și împiedică total sedimentarea sărurilor de duritate și a cuprului metalic, în prezența similară a generatoarelor de piatră.
2. Hidrazina împiedică formarea oxizilor de fier și a depunerilor de cupru și nu acționează în procesul de separare (depunere) a sărurilor de duritate pe suprafețele de încălzire.
3. Dozate împreună, hexametafosfatul de sodiu și hidrazina împiedică total — în mod practic — sedimentarea oxizilor de fier, a cuprului metalic și a sărurilor de duritate.

c.d.

N. N. Mankina și B. N. Sobolev **Mecanismul influenței hidrazinei în procesul depunerilor de oxizi de fier.** Teploenerghetica nr. 3, 1962, p. 48 — 51, 2 fig., 3 tab., 9. bibl.

Se arată rezultatele cercetării interacțiunii hidrazinei cu oxizi de fier în diferite condiții și se dau vitezele de descompunere a hidrazinei în condițiile cazanelor de abur de înaltă presiune, ajungîndu-se la următoarele concluzii:

1. La temperatura de 300°C, descompunerea hidrazinei durează 10, 20, 40 minute în funcție de indicele de alcalinitate, pH, de respectiv 8, 9, 10.
2. La temperatura de 200 ... 300°C, cu indicele de alcalinitate, pH = 9 ... 10 și în prezența catalizatorilor (între care și Cu), viteza de interacțiune dintre hidrazină și oxizi este ridicată; practic, reacția se termină instantaneu.
3. În condițiile cazanelor, hidrazina reduce oxizii de fier la oxizi de valență inferioară și parțial pînă la metal, ceea ce și explică eficacitatea acțiunii sale ca incetinitor în formarea depunerilor de oxizi de fier.

c.d.

P. Suris, **Un mijloc de reducere a pierderilor mecanice în lagărele turboagregatelor.** Electriceschie Stanții nr. 2, 1962, p. 86—87.

Pierderile de energie prin frecare în lagăre depind de viscozitatea uleiului și aceasta la rîndul său de temperatura uleiului, care în funcție de temperatura apei de răcire suferă variații sezoniere.

Prin instrucțiunile de exploatare se stabilesc limitele de 35—45°C la intrarea în lagăre, respectiv de 50—55°C la ieșirea din acestea. Uneori din prudență nejustificată, personalul de exploatare răcește exagerat uleiul.

Creșterea cu 8 grd (de la 42°C la 50°C) a temperaturii medii în lagăre duce la o reducere a pierderilor mecanice cu minimum 50 kW la agregatele de 25 MW și cu minimum 135 kW la agregatele de 100 MW. Împreună cu cele din sistemul de reglare, aceste pierderi reprezintă circa 0,15% din puterea agregatului.

Insuficiența datelor asupra stabilității uleiului la temperaturi ridicate nu permite în prezent recomandarea unei temperaturi mai ridicate de 55°C la ieșirea din lagăre. Acumularea de experiență și folosirea de aditive contra oxidării uleiului vor da posibilitatea ridicării în viitor a acestei temperaturi pînă la 60°C.

Concluziile sînt:

1. Menținerea temperaturii medii a uleiului în lagăre aproape de cea limită (admisibilă în prezent) de circa 500°C, îmbunătățește randamentul agregatului cu circa 0,15%.
2. Practic se recomandă ca temperatura uleiului din lagăre care se stabilește în sezonul cald (vară) să fie menținută și în restul anului. *c. d.*

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÉS DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.2.09 (498)

Iorgulescu F. И *Diacon A.*: **Соображения в связи с использованием гидроэнергетических ресурсов Румынской Народной Республики в период 1961—1930 гг**

Соображения относительно благоустройства гидроэнергетических резервов РНР в период 1961—1980гг. Дается описание ряда ГЭС, строительство которых представляется возможным в течение периода 1961—1980 гг., а также указывается очередность их сооружения на основе достаточно точной схемы осуществимого технического потенциала. Критериями выбора являются экономичность и соответствующие функции этих станций в объединенной электроэнергетической системе страны. При этом одновременно учитываются также и другие потребности народного хазяйства.

Energetica, 10 (1962), № 11, стр. 457—463

ДК 697.34 :621.311.22 (498)

Stăncescu I. D. И *Voinea M.*: **Роль термофикации в энергетике Румынской Народной Республики**

Совместное производство тепла и электроэнергии в энергетическом хозяйстве Румынии.

В статье анализируется комбинированное производство электроэнергии и тепла, характеризующееся в новых условиях применения весьма высокой эффективностью, в связи с чем оно становится одним из основных направлений развития румынской энергетики. При применении наиболее целесообразных форм комбинированного производства электроэнергии и тепла в промышленности, а также для промышленного и городского отопления достигается значительная экономия топлива и повышенные условия комфорта для энергетического хозяйства городов.

Energetica, 10 (1962), № 11, стр. 463—470

ДК 662.642.662.61

Pănoiu N., Carabogdan I., Singer G., Nistor I. и *Ionescu C.*: **Соображения относительно сгорания румынских лигнитов**

В статье дается краткое описание химических и технических характеристик горения местных лигнитов и освещаются исследования проведенные для выбора надлежащего технического оборудования, необходимого для сжигания угля, в обычном и в кипящем слое, а также угольного штыба. На основе анализа результатов, рекомендуется наиболее целесообразное оборудование.

Enegetica, 10 (1962), № 11, стр. 470—475

ДК 621.181.8 : 621.316.74

Dinulescu C.: **Возможные решения регулировки температуры сверх нагрева в случае сжигания газа.**

Enegetica, 10 (1962), № 11, стр. 476—478

ЗАРУБЕЖНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Colț Gh.: **Диковые котлы ПТВ-100 для теплофикации**

Energetica, 10 (1962) № 11, стр. 478—483

В ОБЛАСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ

ДК 621.165.004

Grosz I.: **Контроль температурного режима осевых подшипников**

Enegetica, 10 (1962), № 11, стр. 483—486

РЕЦЕНЗИИ
ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.2.09 (498)

Iorgulescu F. und *Diacon A.*: **Betrachtungen über den Ausbau der Wasserkraftreserven Rumäniens in den Jahren 1961—1930.**

Auf Grund einer ausreichend genauen Bestandsanalyse des technisch ausbaufähigen, Energiepotentials Rumäniens, werden für die Jahre 1961—1980 die Wasserkraftwerke, die ausgebaut werden könnten, sowie die Reihenfolge der Inangriffnahme angegeben. Die Auswahlgrundsätze sind die Wirtschaftlichkeit sowie die im Rahmen des Landesverbundnetzes zu erfüllenden Aufgaben, wobei auch andere Zwecke der Volkswirtschaft berücksichtigt werden.

Enegetica, 10 (1962), H. 11, S. 457—463

DK 697.34 : 621.311.22.(498)

Stăncescu I. D. und *Voinea M.*: **Kraft-Wärme-Kupplung in der rumänischen Energiewirtschaft**

Der Verfasser erörtert die Fragen der gekuppelten Erzeugung von Wärme und elektrischer Energie, welche in den neuen Anwendungsbedingungen äusserst günstige Ergebnisse zeitigt und eine der bedeutendsten Entwicklungsrichtungen der rumänischen Energiewirtschaft darstellt. Es werden die durch Anwendung der günstigsten Verfahren der Heizkraftwirtschaft eingesparten erheblichen Brennstoffmengen, sowie die namhaften Verbesserungen der Bedingungen der städtischen Energiewirtschaft untersucht.

Enegetica, 10 (1962), H 11, S. 463—470

DK 662.642 : 662.61

Pănoiu N., Carabogdan, I., Singer, G., Nistor, I. und *Ionescu C.*: **Betrachtungen über die Verfeuerung rumänischer Lignite**

Nach kurzer Beschreibung der chemischen und technischen Brenneigenschaften der rumänischen Lignite, berichten die Verfasser über die für Wahl geeigneter Feuerungsanlagen unternommenen Versuche und zwar mit Rost-, Fliessbett- und Staubfeuerung. Nach vergleichender Untersuchung der Ergebnisse werden die für die Verbrennung der Lignite empfohlenen Anlagen angegeben.

Enegetica, 10 (1962), Nr. 11, S. 470—475

DK 621.181.8 : 621.316.74

Dinulescu C.: **Mögliche Lösungen für Regelung der Ueberhitzertemperatur bei Gasfeuerung**

Enegetica, 10 (1962), H. 11, S. 476—478

AUS DER KRAFTWIRTSCHAFT DES AUSLANDS

Colț Gh.: **Die PTV-100 typ Spitzkesseln för thermoelektrische Kraftwerke**

Energetica, 10 (1962), H. 11, S. 478—483

AUS DEN KRAFTWERKEN

DK 621.165.004

Grosz I.: **Ueberprüfung der Temperaturzustände von Axiallagern.**

Enegetica, 10 (1962), H. 11, S. 483—486

REZENSIONEN
DOKUMENTATION

SOMMAIRE

CD 621.2.09 (498)

Iorgulescu, F. et *Diacon, A.* : **Considérations sur l'utilisation des ressources hydrauliques de la Roumanie dans la période 1961—1980**

D'après un inventaire suffisamment exact du potentiel hydroénergétique de la Roumanie, techniquement aménageable, on présente les usines hydro-électriques qui pourront être construites dans la période 1961—1980, ainsi que l'ordre de leur construction. Les critériums du choix sont l'économicité et les fonctions à accomplir par les usines dans le réseau électrique interconnecté du pays, en tenant compte en même temps des autres besoins de l'économie nationale.

Enegetica, 10 (1962), nr. 11, p. 457—463.

CD 697.34 : 621.311.22 (498)

Stăncescu, I. D. et *Voinea M.*: **Production combinée de chaleur et d'énergie électrique dans l'économie énergétique roumaine**

L'article analyse la production combinée d'énergie électrique et de chaleur, qui prend dans les conditions nouvelles d'applications des formes très efficientes, en devenant l'une des principales directions de développement de l'énergétique roumaine. En appliquant les formes les plus convenables de production combinée d'énergie électrique et de chaleur pour les industries et pour le chauffage industriel et urbain, on obtient d'importantes économies de combustible et des conditions de confort augmenté dans l'économie énergétique urbaine.

Energetica, 10 (1962), nr. 11, p. 463—470.

CD 662.642 : 662.61

Pănoiu, N., Carabogdan, I., Singer, G., Nistor I., et *Ionescu C.* : **Considérations sur la combustion des lignites roumains**

Après une description sommaire des caractéristiques chimiques et techniques de combustion des lignites roumains, l'article s'occupe des recherches entreprises pour déterminer les installations de combustion donnant satisfaction du point de vue technique. Les auteurs traitent les problèmes de la combustion en couche, en couche fluidisé et en état pulvérisé. En analysant les résultats comparatives, on recommande les installations les plus convenables pour la combustion des lignites.

Energetica, 10 (1962) no. 11, p. 470—475.

CD 621.181.8 : 621.316.74

Dinulescu, C. : **Solutions possibles pour le réglage de la température de surchauffe des chaudières alimentées aux gas**

Enegetica, 10 (1962), nr. 11, p. 476—478.

L'ENERGETIQUE A L'ETRANGER

Colț, Gh. : **Les chandieres type PTV—100 pour les centrales de thermification.**

Energetica, 10 (1962) nr. 11, p. 478—383.

DES USINES

CD 621.165.004

Grosz, I. : **Le contrôle de la température des paliers**

Enegetica, 10 (1962), nr. 11, p. 483—486.

COMPTES-RENDUS
DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 621.2.09 (498)

Iorgulescu, F. and *Diacon, A.* : **Considerations on the use of the roumanian water power resources during 1961—1980**

The hydroelectric plants possible to be built in Rumania during 1961—1980 and the succession of their construction are presented on the basis of a sufficiently precise schedule of the potential technically possible to be developed. The selecting criteria are the economicity and the functions to be fulfilled by the plants in the interconnected power system of the country, taking likewise into consideration other needs of the national economy.

Energetica, 10 (1962), No. 11, p. 457—463.

DC 697.34 : 621.311.22 (498)

Stăncescu, I. D. and *Voinea, M.* : **The combined production of heat and electric energy in the roumanian energetic economy**

The combined heat and power production takes in the new conditions of application very efficient forms and represents one of the main trends of roumanian energetics. By applying under the conditions of progressive increase of industrial and district heat consumption the most adequate forms of combined industrial and district heat and power production, important fuel savings are obtained, together with increased comfort of urban energy supply.

Enegetica, 10 (1962), No. 11, p. 463—470.

DC 662.642 : 662.61

Pănoiu, N., Carabogdan, I., Singer, G., Nistor I., and *Ionescu C.*: **Considerations on the combustion of roumanian lignites**

The paper presents a short description of the chemical and technical features relating to the combustion of roumanian lignites and exposes the researches made for choosing a technical suitable equipment for layer combustion, for combustion in fluidised bed and in pulverised state. The best suited equipment is then recommended after analysis and comparison of the results.

Energetica, 10 (1962) No. 11, p. 470—475.

DC 621.181.8 : 621.316.74

Dinulescu, C. : **Possible solutions for regulating superheating temperature at gas fired boilers**

Energetica, 10 (1962), No. 11, p. 476—478.

ENERGETICS ABROAD

Colț, Gh. : **The PTV—100 type big-boilers for the thermofication plants.**

Energetica, 10 (1962) No. 11, p. 478—483.

FROM THE EXPLOITATION

DC 621.165.004

Grosz, I : **Temperature control of axial bearings**

Enegetica, 10 (1962), No. 11, p. 483—486.

BOOK REVIEW
DOCUMENTATION

Abonați-vă la PUBLICAȚIILE TEHNICE MMEE

REVISTA MINELOR

Revistele tehnice editate de Ministerul Minelor şi Energiei Electrice contribuie la îmbogăţirea cunoştinţelor tehnice ale inginerilor, tehnicienilor, inovatorilor, publicînd articole de specialitate, articole de sinteză, note documentare cu privire la cele mai noi realizări ale tehnicii noastre şi de peste hotare, recenzii de cărţi tehnice, inovaţii etc.

Abonîndu-vă la revistele tehnice, creaţi cadrelor tehnice din instituţia dv. condiţii optime de realizare a sarcinilor ce le revin în cadrul planului de şase ani.

Costul unui abonament pentru ingineri şi tehniceni: 30 lei; pentru biblioteci, instituţii, cabinete tehnice etc.: 100 lei. Plata se face prin cont virament 04002014 B.I. - Filiala Bucureşti sau la administraţia publicaţiilor: Bucureşti, Calea Victoriei Nr. 109, Raionul 30 Decembrie. Telefon 13.07.30.

ENERGETICA

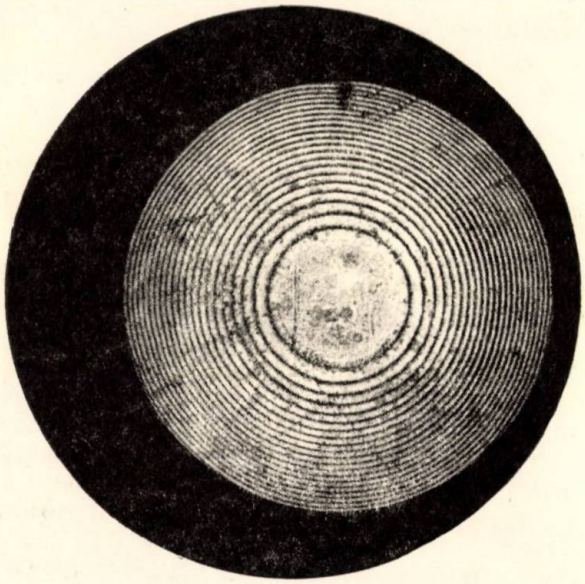
E 2031 R
REFERATIVA

ENERGETICA

Energetica — Vol. 10 — decembrie 12 nr. 12/1962 — p. 497-548 — București

1962

Microscop mare de interferenţă



pentru măsurarea adîncimii rugozităţilor pe suprafeţe sferice, cilindrice sau plane,

pentru măsurarea deformaţiilor provocate de loviri,

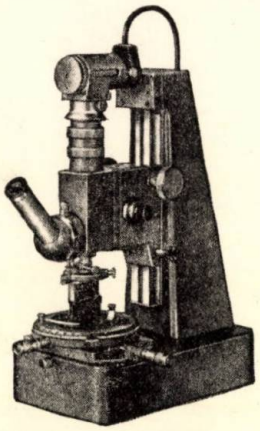
pentru verificarea macro- şi microgeometrică a calităţii suprafeţelor etc.

Principiul de funcţionare: procedeul razelor multiple, după Tolansky

Mărirea la alegere: 70x, 140x, 170x, 340x

Dispozitiv de fotografiere pentru documentare

VEB Carl Zeiss JENA



Cereţi prospectul nostru 24.455.1

CARL ZEISS JENA

INGINERI ŞI TEHNICIENI

ABONAŢI-VĂ PE ANUL 1963

la publicaţiile tehnice ale Ministerului Minelor şi Energiei Electrice:

- REVISTA MINELOR
- ENERGETICA

Costul unui abonament anual pentru ingineri şi tehnicieni: 30 lei; pentru biblioteci, instituţii, cabinete tehnice etc.: 100 lei. Plata se face prin cont virament nr. 04002014 B. I. — Filiala Bucureşti sau la administraţia publicaţiilor: Bucureşti, Calea Victoriei nr. 109, Raionul 30 Decembrie.

A apărut volumul XI

din

Lexiconul Tehnic Romîn

— ELABORARE NOUĂ —

Volumul conţine termenii directori care încep cu litera **Mec — No**

Costul unui volum 100 lei

Vă puteţi procura acest volum, ca şi cele anterioare, la librării, prin difuzorii de cărţi din întreprinderi şi prin Editura Tehnică, Bucureşti, str. Ştirbei Vodă nr. 37, Raionul 16 Februarie.

MAGYAR SZOCIALISTA MUNKÁSPÁRT KÖZPONTI VEZETŐSÉG DOKUMENTÁCIÓS OSZTÁLY

ENERGETICA

Organ al Ministerului Minelor și Energiei Electrice și al Consiliului Național al Inginerilor și Tehnicienilor din R. P. R.

ANUL 10 Nr. 12 DECEMBRIE 1962

CUPRINS

CZ 621.2.09 : 627.8 : 621.311.1(47)

Cogălniceanu, A. : **Resursele hidroenergetice ale U.R.S.S.** (II)

În partea a doua a studiului se prezintă soluțiile adoptate pentru amenajarea principalelor cursuri de apă, uzinele hidroelectrice realizate, în construcție sau prevăzute a se amenaja în diferite regiuni ale U.R.S.S.

Energetica, **10** (1962) nr. 12, p. 497–511

CZ 697.34.004.15

Colț, G. și *Grecu, T.* : **Calculul aproximativ al consumului de abur și al producției de energie electrică în regim de termoficare.**

Autorii prezintă o metodă rapidă de determinare a consumului de abur și a producției de energie electrică în cazul preîncălzirii regenerative la turbinele de termoficare, a condensatului propriu și a condensatului aburului de încălzire și tehnologic.

Energetica, **10** (1962) nr. 12 p. 512–517

CZ 621.316.925.45.004

Chenzbraun, I. : **Funcționarea protecției de distanță cu relee de tip RD 7 la suprasarcini și posibilitățile de ameliorare a acesteia.**

Se arată principiul de funcționare a elementului de demaraj al releului RD 7 și modificările ce au fost aduse releului spre a-i îmbunătăți funcționarea.

Energetica, **10** (1962) nr. 12, p. 517–529

ÎN AJUTORUL TINĂRULUI INGINER

CZ 628.971.7.001.1/2

Schapira, W. : **Aspecte tehnico-economice noi în proiectarea și exploatarea instalațiilor de iluminat electric exterior** (II).

În partea a doua a lucrării se tratează în special problema proiectării instalațiilor de iluminat exterior și a corpurilor de iluminat folosite pentru aceasta.

Energetica, **10** (1962) nr. 12, p. 528–546

INDEX, 549–548

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU,** redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA,** prof. ing. **M. BERCOVICI,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU,** conf. ing. **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINULESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU,** conf. ing. **N. MOLDOVEANU,** prof ing **C. PENESCU,** ing. **T. POPA,** ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Resursele hidroenergetice ale U.R.S.S.

II. AMENAJAREA PRINCIPALELOR CURSURI DE APĂ

*ALEXANDRU COGĂLNICEANU** — Bucureşti

În prima parte a materialului asupra resurselor hidroenergetice ale U.R.S.S.**, „prezentare de ansamblu", s-au arătat resursele hidroenergetice ale U.R.S.S., gradul lor de utilizare, rolul UHE în dezvoltarea energeticii U.R.S.S. şi progresele realizate în construirea lor.

În cele ce urmează se vor prezenta soluţiile adoptate pentru amenajarea principalelor cursuri de apă şi se vor arăta UHE realizate în construcţie sau prevăzute a se amenaja în diferite regiuni ale U.R.S.S.

Hidroenergetica a căpătat o deosebită dezvoltare în U.R.S.S. în perioada postbelică. Dacă pînă în 1940 puterea tuturor uzinelor hidroelectrice era de circa 1600 MW, în 15 ani după război (inclusiv anul 1960) s-au pus în funcţiune circa 12 000 MW, adică de aproape opt ori mai mult decît în toată perioada anterioară.

1. Partea europeană a U.R.S.S.

Resursele hidroenergetice ale părţii europene a U.R.S.S. (fără regiunea Caucazului) sînt utilizate în proporţie de circa 20%. Construcţia de UHE s-a dezvoltat în special pe fluviile Nipru, Volga, în nord-vestul ţării, în Ural etc.

În prezent sînt complet amenajate resursele hidroenergetice ale rîurilor Niva (regiunea Murmansk), pe care s-au construit trei UHE, şi Svir (regiunea Leningrad), pe care s-au realizat două uzine hidroelectrice importante. Astfel UHE Nijne-Svir, cu puterea instalată de 100 MW şi producţia de energie electrică de 465 GWh/an, este una dintre primele mari UHE realizate în U.R.S.S. (1933), iar UHE Verhne-Svir (160 MW şi 670 GWh/an) este prima mare centrală pusă în funcţiune după război (1952).

Soluţii deosebit de interesante de utilizare complexă a resurselor hidraulice au fost date la realizarea cascadelor de uzine hidroelectrice de pe fluviile Nipru şi Volga.

1.1. Amenajarea Niprului

Nipru este unul dintre cele mai mari fluvii europene, avînd suprafaţa bazinului de circa 500 000 km², lungimea rîului de 2285 km şi debitul mediu de aproximativ 1700 m³/s.

Schema de amenajare a Niprului prevede realizarea a 14 UHE cu o putere totală de 3300 MW şi o producţie medie de energie electrică de 10,4 TWh/an.

Resursele hidroenergetice sînt concentrate în special pe cursul inferior şi mijlociu al rîului pe o lungime de 1100 km, pe care căderea totală este de circa 100 m. Pe acest sector sînt dispuse şase UHE, dintre care trei sînt în funcţiune, două în construcţie, iar una în proiectare (fig. 1).

Pe Nipru s-a construit prima mare uzină hidroelectrică din U.R.S.S., UHE „*V. I. Lenin*" (*Dneproghes*), pusă în funcţiune în anul 1932. Cu puterea ei de 558 MW, această uzină era, în acel timp, cea mai puternică din Europa. Grav avariată de război, uzina a fost refăcută într-un termen scurt, puterea ei fiind ridicată la 648 MW. Producţia ei de energie, de 3,1 TWh/an, s-a ridicat la 3,6 TWh/an în urma intrării în funcţiune a UHE Kremenciug, care dispune de un important lac pentru regularizarea debitelor.

Se prevede mărirea puterii instalate a acestei uzine pînă la 1400 MW. Pe lîngă cele nouă agregate Francis de cîte 72 MW, se prevede instalarea a şase agregate Kaplan de cîte 125 MW.

Fig. 1. Schema de amenajare a Niprului.

Pentru aceasta va trebui să se reducă lungimea barajului deversor.

Construirea acestei amenajări, realizată pentru energetică şi navigaţie, a constituit o adevărată şcoală pentru hidrotehnicienii sovietici.

* Ing. A. Cogălniceanu este şef de secţie la C.T.N.

** Publicat în revista „Energetica" nr. 5, 1962.

În anul 1955 au intrat în funcțiune primele grupuri ale UHE *Kahovka*, treapta cea mai din aval a cascadei de uzine de pe Nipru. Puterea instalată a centralei este de 312 MW, iar producția de energie electrică de 1,435 TWh/an. Această amenajare are, de asemenea, rolul de a îmbunătăți navigația pe cursul inferior al Niprului și de a permite irigarea terenurilor secetoase din sudul Ucrainei.

Lungimea totală transversală a hidrocentrului este de 3650 m. Clădirea centralei, echipată cu șase grupuri a 52 MW, este prevăzută cu goliri de fund, ceea ce a permis reducerea lungimii barajului deversor cu 70 m.

În 1961 s-a terminat construirea UHE *Kremenciug*, care dispune de o putere instalată de 625 MW și o producție de energie electrică de 2,5 TWh/an.

Datorită marelui lac de acumulare de care dispune (volum util 9 miliarde m³), această amenajare regularizează debitele foarte variabile ale Niprului. Fără un astfel de regularizator UHE „V. I. Lenin" (Dneproghes) deversează în perioada de primăvară circa 25% din volumul de apă anual, iar în anii secetoși și foarte secetoși puterea sa asigurată scade la 150 MW, respectiv 70 MW. În urma intrării în funcțiune a UHE Kremenciug, puterea asigurată a UHE „V. I. Lenin" crește cu 100 MW, iar producția de energie electrică a UHE Dneproghes și Kahovka se mărește cu circa 700 GWh/an.

La construirea UHE Kremenciug s-au utilizat pe scară largă elemente de beton armat prefabricate. Aceasta a permis darea în funcțiune a centralei cu doi ani înainte de termen.

În timpul construcției, puterea instalată a fost mărită, instalîndu-se 12 grupuri în locul celor opt prevăzute inițial.

Clădirea centralei este de tip deschis. Montajul celor 12 agregate a fost făcut în 11 luni.

Datorită efectului regularizator al amenajării Kremenciug, a devenit economică și realizarea UHE *Dneprodzerjinsk*, situată în aval, a cărei construcție este într-un stadiu avansat. Această amenajare, cu o putere instalată de 350 MW și o producție de energie electrică de 1,25 TWh/an, dispune de un lac propriu cu un volum util redus, care permite numai o regularizare zilnică a debitelor. Uzina va beneficia însă de debitele regularizate de UHE Kremenciug. Clădirea centralei este de asemenea de tip deschis.

În 1961 s-au început lucrările la UHE *Kiev*, la care se utilizează pe scară largă elemente de beton prefabricate. Amenajarea nu va dispune de baraj deversor. Evacuarea apelor se va face prin clădirea centralei, în care se instalează 20 agregate orizontale capsulate (tip bulb).

UHE Kiev va fi prima amenajare cu pompaj din U.R.S.S. Agregate speciale de pompaj vor putea pompa apa într-un bazin superior situat la o înălțime de circa 65 m, utilizînd apoi apa acumulată în orele de vîrf de sarcină.

UHE *Kanev*, care este în proiectare, va dispune de o putere instalată de 420 MW. La construirea acestei uzine se prevede utilizarea de elemente de beton prefabricate în proporție de 60% din întregul volum de beton necesar pentru executarea hidrocentrului.

După executarea acestor șase amenajări va fi realizată o cale navigabilă de la Kiev pînă la Marea Neagră. Totodată va fi posibilă irigarea a 3,5 milioane ha din Ucraina și Crimeea, precum și alimentarea cu apă a tuturor regiunilor industriale învecinate.

După terminarea construcției uzinelor Dneprodzerjinsk, Kiev și Kanev, se prevede crearea unei căi navigabile între Marea Baltică și Marea Neagră, prin Nipru și prin rîurile Pripet, Șara și Neman. Această cale navigabilă va scurta drumul între Marea Baltică și Marea Neagră prin Oceanul Atlantic de aproape trei ori. De asemenea se prevede legarea Niprului de celelalte căi navigabile importante ale U.R.S.S., Don și Volga.

1.2. Amenajarea complexă a Nistrului și Donului

Studiile efectuate au arătat că este posibilă utilizarea pentru folosințe complexe, și în special pentru irigații, a întregului stoc de apă al fluviilor care se varsă în Marea Neagră (Nipru, Nistru, Bug ș.a.). Aceasta va permite irigarea unor întinse suprafețe de teren secetos din R.S.S. Ucraineană și R.S.S. Moldovenească. Prin crearea lacurilor de acumulare ale amenajărilor Kahovka și Kremenciug a devenit deja posibilă irigarea a circa 2,5 milioane ha.

Pe *Nistru* se prevede amenajarea a șase uzine de vîrf, cu o putere totală de 1,9 milioane kW și o producție anuală de energie electrică de 3 miliarde kWh. Pe lîngă amenajarea existentă *Dubosari*, de 40 MW, se prevede construirea în viitorul apropiat a UHE Moghilev-Podolsk și apoi a încă două uzine hidroelectrice. Aceasta va permite irigarea a circa 1 milion ha.

Pe *Don*, în 1952, s-a pus în funcțiune hidrocentrul *Țimleansk*, care are o deosebită importanță pentru utilizarea complexă a apelor acestui fluviu : producere de energie electrică, navigații (canalul Volga-Don), piscicultură și irigații.

Puterea instalată a acestei amenajări este de 164,2 MW, iar producția de energie electrică de 660 GWh/an. Barajul Țimleansk ridică nivelul Donului cu 26 m, creînd un lac lung de 180 km, lat pînă la 30 km și cu un volum total de 21,85 miliarde m³.

În viitorii ani urmează să se desăvîrșească construirea nodurilor hidrotehnice pe Donul inferior, ceea ce va da posibilitatea irigării a 6 milioane ha din Ucraina, regiunea Donului inferior și Crimeea.

Date caracteristice asupra amenajărilor hidroelectrice în funcțiune și în construcție pe Nipru, Don și Nistru *Tabela 1*

Denumirea UHE	Anul intrării în funcțiune a primului agregat	Puterea instalată, MW	Producția de energie electrică, GWh/an	Volumul lacului		Barajul				Agregate		Volume de lucrări		Observații
				total,	util,	tipul	înălțimea constructivă maximă, m	lungimea la coronament, m	volumul, mii m³	numărul și puterea agregatelor nr. × MW	diametrul rotorului, m	total lucrări de pământ, mii m³	beton și beton armat, mii m³	
				milioane m³										
FLUVIUL NIPRU														
Kahovka	1955	312,0	1 435	18 200	6 800	Baraj deversor	37,00	440	640	6 × 52	8,0	35 000	1 400	Căderea 16,4 m
						Dig de pământ	30,00	3 100						
V. I. Lenin (Dneproghes)	1932	648,0	3 600	3 000	900	Baraj de beton de greutate	62,00	1 300	732	9 × 72	5,5	3 400	1 200	Căderea maximă 38,5 m
Dneprodzerjinsk	În construcție	350,0	1 250	2 500	300	Baraj deversor	32,00	..	600	8 × 43,5	9,3	56 220	870	* Cu digul lateral. Căderea de calcul 12,4 m
						Dig de pământ*	22,00	35 400	26 900					
Kremenciug	1959	625,0	2 500	13 500	9 000	Baraj deversor	36,00	191 5	92,8	12 × 54,0	..	62 450	1 250	
						Dig de pământ	29,50	10 700	27 650					
Kiev (inclusiv UHEAP)	În construcție	525,0	715	3 730	1 620	Centrală deversor	..	285 5	..	20 × .. *	..	76 750	813	* Agregate orizontale capsulate
						Dig de pământ	19,00	40 900	44 150					
FLUVIUL DON														
Timleansk	1952	164,2	660	21 850	10 850	Dig de pământ	33,00	12 750	32 000	4 × 40	6,6	73 600	1 891	Debitul mediu 760m³/s
						Baraj deversor	39,25	1 482 5	..	1 × 4,2	6,6			
FLUVIUL NISTRU														
Dubosari	1954	40,0	200	485	213	Baraj deversor	26,00	133	72	4 × 10	..	2 460	141	
						Dig de pământ	24,00	751	..					

1.3. Amenajarea Volgii

Volga este cel mai mare fluviu din Europa, având lungimea de 3690 km, suprafața bazinului de 1 380 000 km² și debitul mediu la vărsare de 8000 m³/s.

Afluentul principal al Volgii este rîul Kama, care are lungimea de 2030 km, suprafața bazinului de 522 000 km² și debitul mediu de 3700 m³/s.

Cascada de uzine hidroelectrice de pe Volga și Kama este alcătuită din 12 amenajări, din care nouă pe Volga și trei pe Kama (fig. 2). Puterea acestor uzine hidroelectrice însumează circa 10 000 MW, cu o producție anuală de energie electrică de 34 TWh/an. Amenajarea acestor uzine, pe lîngă producția de energie electrică, are o importanță deosebită pentru îmbunătățirea condițiilor de navigație pe Volga, pentru irigarea unor întinse suprafețe de teren secetos și pentru alimentarea cu apă.

Prima uzină pe Volga, UHE *Ivankov*, a fost construită în 1937, în vederea alimentării cu apă a Moscovei prin canalul Volga-Moscova, pentru care era necesară o regularizare sezonieră a debitelor rîului. Puterea instalată a acestei uzine este de 30 MW, iar producția de energie electrică de 100 GWh/an. Lacul de acumulare are un volum total de 1,2 și un volum util de 0,9 miliarde m³.

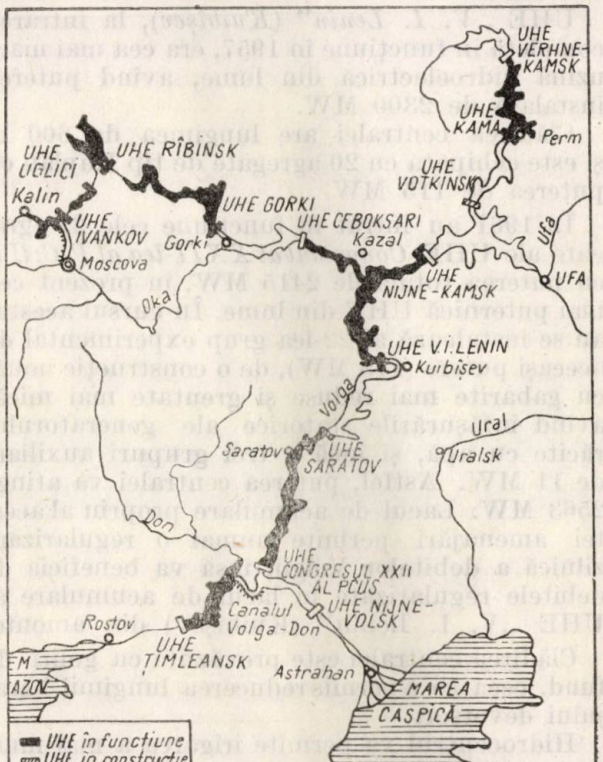


Fig. 2. Schema de amenajare a bazinului Volga-Kama.

Amenajările următoare, *Uglici* și *Rîbinsk*, s-au construit în perioada 1936—1941 pentru

asigurarea adîncimilor necesare navigației la trecerea de pe cursul mijlociu al Volgii pe canalul Moscova și au permis totodată utilizarea energetică a căderii de pe acest sector. Puterea instalată a acestor uzine este de 110 MW, respectiv 330 MW, iar producția de energie electrică de 200, respectiv 1000 GWh/an. Lacul UHE Rîbinsk asigură regularizarea superanuală a debitelor rîului Volga pentru scopuri energetice și pentru asigurarea adîncimilor necesare navigației în aval, pînă la confluența cu rîul Kama.

După război s-a început construirea treptei următoare pe Volga, UHE „*Gorki*", avînd puterea de 520 MW și producția de 1,4 TWh/an, care utilizează debitele Volgii regularizate de lacul UHE Rîbinsk. Centrala este echipată cu opt agregate de tip Kaplan.

Pentru continuarea amenajării rîului Volga pe cursul mijlociu și inferior, era necesar să se creeze un hidrocentru cu un lac de acumulare important, de care să beneficieze uzinele din aval. Un astfel de hidrocentru este UHE „*V. I. Lenin*" (*Kuibîșev*), care dispune de un lac de acumulare cu volumul total de 58 miliarde m³ și volumul util de 20,3 miliarde m³. Lacul se întinde pe Volga pe o lungime de 600 km și pe Kama pe 300 km, avînd suprafața de 550 km².

UHE „*V. I. Lenin*" (*Kuibîșev*), la intrarea completă în funcțiune în 1957, era cea mai mare uzină hidroelectrică din lume, avînd puterea instalată de 2300 MW.

Clădirea centralei are lungimea de 600 m și este echipată cu 20 agregate de tip Kaplan cu puterea de 115 MW.

În 1961 au intrat în funcțiune cele 21 agregate ale UHE *Congresul al XXII-lea al P.C.U.S* cu puterea totală de 2415 MW, în prezent cea mai puternică UHE din lume. În cursul acestui an se instalează al 22-lea grup experimental de aceeași putere (115 MW), de o construcție nouă, cu gabarite mai reduse și greutate mai mică, avînd înfășurările statorice ale generatorului răcite cu apă, și încă a trei grupuri auxiliare de 11 MW. Astfel, puterea centralei va atinge 2563 MW. Lacul de acumulare propriu al acestei amenajări permite numai o regularizare zilnică a debitelor Volgii, însă va beneficia de debitele regularizate în lacul de acumulare al UHE „V. I. Lenin" (Kuibîșev) din amonte.

Clădirea centralei este prevăzută cu goliri de fund, ceea ce a permis reducerea lungimii barajului deversor.

Hidrocentrul va permite irigarea a mai mult de un milion hectare în regiunea Volgii. De asemenea se prevede ca prin canalul navigabil Volga-Ural să fie desecate 4,5 milioane ha.

Între UHE „V. I. Lenin" (Kuibîșev) și UHE „Congresul al XXII-lea al P.C.U.S." se găsește într-un stadiu avansat de construcție UHE *Saratov*. Puterea instalată prevăzută inițial pentru această uzină era de 1000 MW. Ținînd seamă de creșterea necesarului de putere de vîrf a sistemului și de posibilitatea măririi căderii în lunile de iarnă, puterea uzinei a fost mărită la 1380 MW. Clădirea centralei este alcătuită din 12 secțiuni (cîte două agregate în fiecare bloc). În secțiunile extreme se prevede montarea de agregate experimentale orizontale. La această amenajare s-a renunțat la barajul deversor. Prin mărirea distanței între axele agregatelor pînă la de patru ori diametrul rotorului, evacuarea debitului maxim se poate face prin goliri de fund de secțiune constantă și care au efect de ejecție asupra turbinelor.

Soluțiile constructive adoptate diferă sensibil de soluțiile clasice. Astfel, în locul camerei spirale obișnuite s-a adoptat o cameră de admisie dreptunghiulară, iar aspiratorul este vertical (fig. 3). Aceasta a permis utilizarea de elemente de beton prefabricate în proporție de circa 80 % din volumul total de beton. Formele simple adoptate au permis să se utilizeze numai cinci tipuri de elemente prefabricate în 12 dimensiuni.

Amenajarea nu dispune de o sală a mașinilor. Cele 24 agregate (puterea unitară 57,2 MW, diametrul rotorului 10,3 m) sînt instalate în interiorul blocurilor, fiind acoperite cu capace, de asemenea din elemente prefabricate.

Utilizarea acestor soluții a redus simțitor investițiile și durata de execuție a lucrărilor.

Pe rîul *Kama*, principalul afluent al Volgii, este în funcțiune, treapta amonte, UHE *Kama*

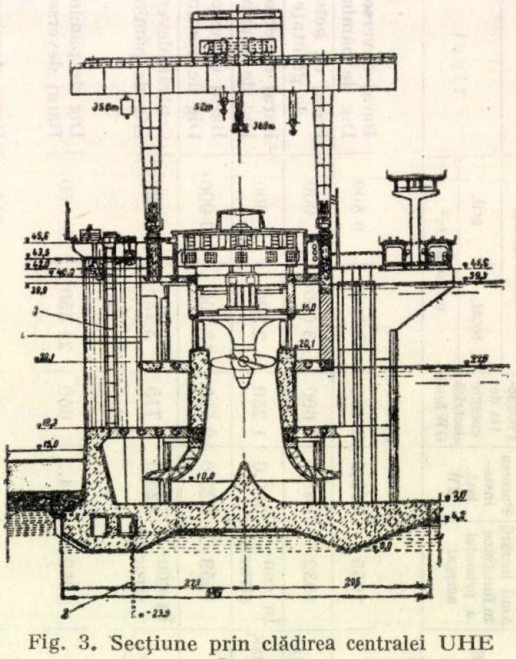


Fig. 3. Secțiune prin clădirea centralei UHE Saratov.

(*Perm*), cu o putere instalată de 504 MW, construită între anii 1944 și 1957, pentru producerea de energie electrică și îmbunătățirea condițiilor de navigație pe cursul superior al rîului.

Centrala de tip submersibil este echipată cu 24 agregate de cîte 21,8 MW, dintre care 23 verticale şi unul experimental orizontal, de aceeaşi putere.

UHE *Botkinsk*, treapta următoare de pe rîul Kama, a intrat parţial în funcţiune. Puterea finală a acestei amenajări va fi de 1000 MW (10 agregate a 100 MW). Această uzină va beneficia de debitele regularizate în lacul de acumulare al UHE Kama.

Datele caracteristice ale agregatelor instalate la uzinele în funcţiune de pe Volga şi Kama sînt arătate în tabela 2.

UHE *Nijne-Voljskaia* va avea o putere instalată de circa 1500 MW şi o producţie de energie electrică de 7,5 TWh/an.

Pe rîul Kama se va construi UHE *Nijne-Kamskaia*, cu puterea instalată de 1100 MW, şi UHE *Verhne-Kamskaia*, care se va executa o dată cu derivarea fluviilor nordice Peciora şi Vîcegda în Marea Caspică, prin Kama şi Volga.

În urma studiilor efectuate a rezultat că derivarea debitelor fluviilor nordice spre sud trebuie divizată în mai multe etape. În primul rînd apare raţional să se realizeze derivarea a circa 40 km³/an din debitele rîurilor Peciora

Tabela 2

Denumirea UHE	Căderea, m		Puterea agregatului, MW	Turaţia, rot/min	Diametrul rotorului, m	Debitul prin turbină, m³/s	Rapiditatea la		Greutatea turbinei, t	Greutatea generatorului, t	GD^2, tm²
	maximă, H_{max}	de calcul H_c					H_{max}	H_c			
Ivankov	17,5	13,0	15	100	5,0	135	395	575	348	350	5 000
Uglici	14,5	13,2	53	62,5	9,0	482,0	595	666	1 300	1 200	50 000
Rîbinsk	20	13,2	53	62,5	9,0	600	397	666	1 300	1 200	50 000
Gorki	18	12,2	57,2	62,5	9,0	585	470	770	1 160	1 080	47 000
V. I. Lenin (Kuibîşev)	30	20	115,0	68,2	9,3	670	366	655	1 500	1 650	121 000
Congresul al XXII-lea al P.C.U.S.	27	20	115,0	68,2	9,3	670	415	655	1 500	1 515	100 000
Kama	21	15	21,8	125,0	5,0	172	481	735	285	264	3 700
Botkinsk	23,2	16,5	100	62,5	9,3	710	454	691	1 177	1 300	78 000

Prin dimensiuni şi putere unitară, turbinele realizate pentru cascada de uzine de pe Volga sînt cele mai mari grupuri Kaplan din lume. După diametrul rotorului, cea mai mare turbină construită în lume în ţările capitaliste are 8 m diametru (Suedia), iar după putere 101,750 MW (S.U.A.).

În viitorii ani, conform programului P.C.U.S. se prevede terminarea amenajării bazinului Volga-Kama prin construirea a încă patru noduri hidrotehnice.

Dintre acestea, UHE *Ceboksari*, cu o putere instalată de circa 1000 MW, se prevede să fie echipată cu 32 agregate orizontale capsulate (tip bulb) cu diametrul rotorului de 8 m (fig. 4).

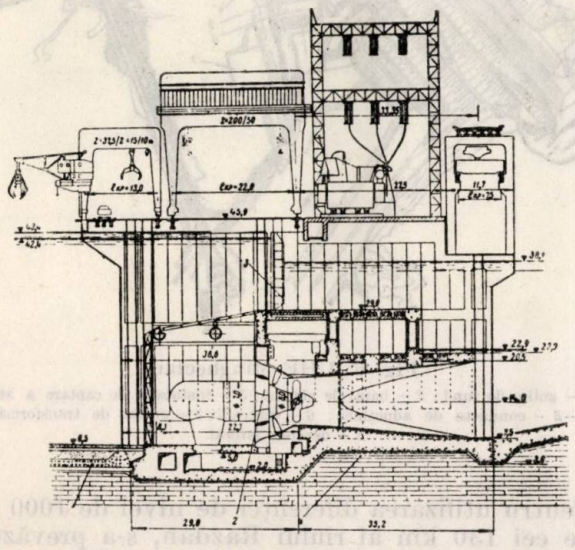


Fig. 4. Secţiune prin clădirea centralei UHE Ceboksari.

şi Vîcegda prin rîul Kama. Această derivare va influenţa pozitiv asupra multor ramuri ale economiei naţionale (ridicarea nivelului Mării Caspice, irigarea a circa 4 milioane de hectare, îmbunătăţirea condiţiilor de navigaţie, creşterea producţiei piscicole, obţinerea a circa 12 TWh/an de energie electrică suplimentară ş.a.). Se prevede realizarea unor mari lacuri de acumulare pe fluviile Peciora, Vîcegda şi Kama, unite între ele prin canale deschise (fig. 5).

Pe *Peciora* va fi necesar să se construiască un dig de pămînt omogen, înalt de 80 m, lung de 12,2 km şi cu un volum de 145 milioane m³.

Pe *Vîcegda*, digul de pămînt va avea lungimea de 2,9 km, înălţimea maximă de 39 m, pentru care va fi necesar un volum de umplutură de circa 7 milioane m³. În afară de aceasta va fi necesar să se mai construiască un dig de 19 km, cu înălţimea medie de 7 m şi cu un volum de circa 6 milioane m³, pentru a împiedica scurgerea apelor din lacul creat pe Peciora, printr-un afluent al ei.

Al treilea nod hidrotehnic va fi pe rîul *Kama* (UHE *Verhne-Kamskaia*) alcătuit dintr-un dig de pămînt de 5 km, înalt de 30 m, şi o centrală de 700 MW.

Lucrări importante vor trebui efectuate pentru construirea canalelor de legătură între cele trei lacuri de acumulare. Canalul Vîcegda-Peciora va avea o lungime de 63 km, adîncimea apei de

15 m, lățimea pe fund 40 m. Înălțimea maximă a săpăturii atinge 31 m, iar volumul lucrărilor de pămînt 153 milioane m³. Canalul Kama-Vîcegda, lung de 95 km, de aceleași dimensiuni,

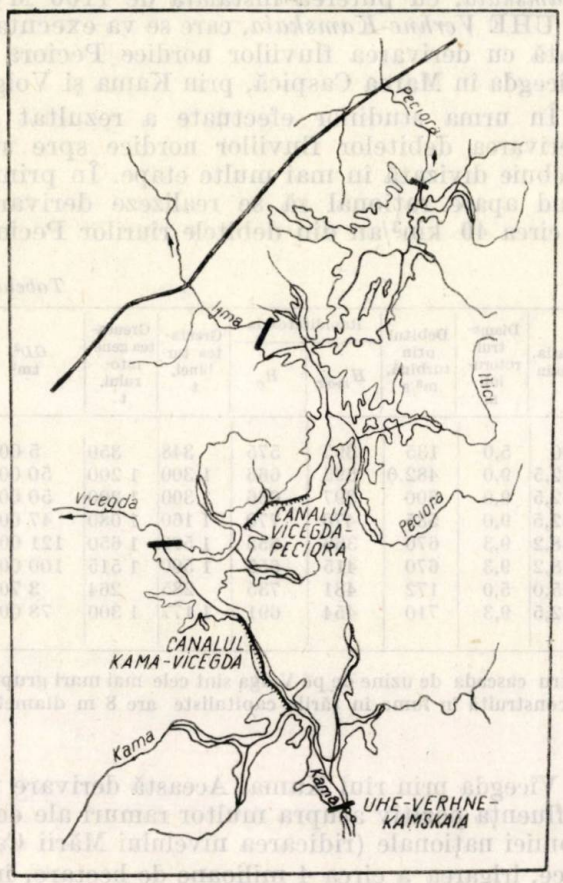


Fig. 5. Schema devierii fluviilor Vîcegda și Peciora în bazinul Volga-Kama.

va necesita lucrări de pămînt de 338 milioane m³.

Lacul de acumulare de pe Peciora—Vîcegda—Kama va avea un volum total de 235,3 km³ și un volum util de 56,5 km³ repartizat astfel pe fiecare lac în parte :

Lacul de acumulare	Suprafața lacului S, km²	Volumul lacului, km³		Stocul anual mediu în amplasamentul hidrocentr., km³	Raportul volumului lacului la stocul rîului	
		total	util		total	util
Peciora	9 950	184,5	33,7	34,1	5,41	0,99
Vîcegda	2 910	34,5	11,4	8,3	4,16	1,37
Kama	2 690	16,3	11,4	27,7	0,59	0,41

Pentru realizarea devierii debitelor fluviilor Peciora și Vîcegda în Kama, va fi necesar să se execute în total următoarele volume de lucrări :

— săpătură și umplutură 680 milioane m³
— beton și beton armat 1,3 milioane m³
— echipament 50 000 t
— costul total al lucrărilor 640 milioane ruble
— durata de execuție 7 ani

2. Regiunea Caucazului și Transcaucaziei

Republicile sovietice din regiunea Caucazului au utilizat și pînă acum pentru producerea energiei electrice bogatele resurse hidroenergetice ale acestei regiuni, realizîndu-se în special uzine hidroelectrice de putere mică și mijlocie. Nu s-a studiat suficient încă rezolvarea complexă a utilizării apelor acestor rîuri.

Printre amenajările importante executate în această regiune se numără UHE *Mingheciaur* de pe rîul Kura (R.S.S. Azerbaidjană), construită în anii 1945—1955 pentru producerea de energie electrică și irigarea a circa 2 milioane ha. Barajul de pămînt al acestei amenajări are înălțimea maximă de 80 m, lungimea de 1550 m și un volum de 15,6 milioane m³. Volumul acumulării este de 16 miliarde m³. În centrală sînt instalate șapte grupuri, puterea totală fiind de 371 MW (fig. 6).

Deosebit de interesantă este soluția adoptată pentru utilizarea resurselor lacului *Sevan* din Armenia. Lacul Sevan, situat la cota 1916, are suprafața de 1416 km² și volumul de 58,5 miliarde m³. Cele 28 rîuri care se varsă în lac aduc anual un volum de 1300 milioane m³ de apă, din lac ieșind un singur rîu, Razdan, care are un volum anual de apă de 50 milioane m³. Restul se pierde prin evaporare. Pentru a reduce evaporațiile s-a hotărît să se reducă suprafața lacului prin coborîrea nivelului său cu 20 m, ceea ce va duce la creșterea debitului rîului.

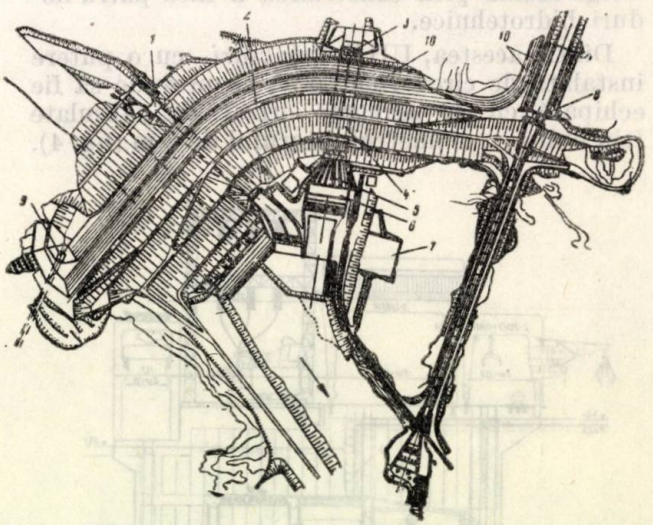


Fig. 6. UHE Mingheciaur

1 — golire de fund ; *2* — baraj de pămînt ; *3* — instalația de captare a apei ; *4—5* — conducte de aducțiune ; *6* — centrala ; *7* — stația de transformare ; *8* — deversor lateral.

Pentru utilizarea diferenței de nivel de 1000 m pe cei 130 km ai rîului Razdan, s-a prevăzut amenajarea a nouă uzine hidroelectrice, dintre care în prezent funcționează șase.

Tabela 3

Date caracteristice asupra cascadei de uzine hidroelectrice de pe Volga şi Kama

Denumirea UHE	Anul intrării în funcţiune a primului agregat	Debitul mediu, m³/s	Căderea în cascadă, m	Puterea instalată, MW	Producţia de energie electrică GWh/an	Volumul lacului		Baraj				Volume de lucrări		Observaţii
						total,	util,	tipul	înălţimea constructivă maximă, m	lungimea la coronament, m	volumul, mii m³	total lucrări de pământ, mii m³	beton şi beton armat, mii m³	
						milioane m³								
FLUVIUL VOLGA														
Ivankov	1937	300	11	30	100	1 200	900	Baraj deversor Dig de pământ	30,0 24,0	216 9 354	250 ..	15 200	550	
Uglici	1940	400	11	110	200	1 300	600	Baraj deversor Dig de pământ	26,0 27,0	179 310	278 1 055	14 600	670	
Ribinsk	1941	1 100	18	330	1 000	25 400	11 700	Baraj deversor Dig de pământ	30,0 30,0	104 524	945 1 600	33 400	1 320	
Gorki	1955	1 700	13	520	1 400	8 700	2 800	Baraj deversor Dig de pământ	32,5 28,0	555 12 350	320 ..	41 300	1 380	
Ceboksari	În proiectare	3 550	15	980	3 800	13 900	4 000	Dig de pământ	35,0	2 300	3 500	32 800	1 230	
V. I. Lenin (Kuibîşev)	1955	7 600	25	2 300	11 500	58 000	20 300	Baraj deversor Dig de pământ	44,5 38,0	981 2 800	2 269 31 600	145 000	6 870	
Saratov	În construcţie	7 800	13	1 380	4 500	12 900	..	Centrală deversor Dig de pământ	45,8 35,0	1 140 960	790 6 500	59 200	1 420	
Congresul al XXII-lea al P.C.U.S.	1958	8 000	22	2 563	11 000	33 500	..	Baraj deversor Dig de pământ	44,0 47,0	725 3 249	767 24 480	140 000	5 640	
Nijne-Voljskaia	În proiectare	8 000	17	1 200—1 500	7 500	17 000	..	..	..	..	..	261 800	2 230	
RÎUL KAMA														
Kama	1954	1 650	19	504	1 930	12 200	6 700	Baraj deversor	37,0	400	720	15 100	1 090	Centrală submersibilă
Botkinsk	1961	1 700	17	1 000	2 000	9 400	3 700	Baraj deversor Dig de pământ	44,5 35,0	212,5 4 460	251 11 180	43 200	2 070	
Nijne-Kamskaia	În proiectare	3 700	15	1 100	2 500	14 900	7 900	..	..	.	..	28 100	1 100	

Cele mai importante amenajări în funcțiune pe rîul Razdan, care izvorăște din lacul Sevan, sînt :

— UHE *Sevan*, treapta amonte, care captează apa direct din lacul Sevan, are puterea instalată de 34 MW. Amenajarea a fost dată în exploatare în 1949. Un canal lung de 1450 m conduce apa la clădirea centralei de tip subteran, de unde apa este evacuată printr-o galerie de fugă de 5514 m.

— UHE *Ghiumuș*, a treia treaptă a cascadei, are puterea instalată de 224 MW, fiind pusă în funcțiune în 1953. Aducțiunea, în lungime totală de peste 18 km, realizează o cădere de circa 300 m

Pe rîul Hrami (R.S.S. Gruzină) este deja în funcțiune din anul 1948 UHE *Hram I*, care dispune de o putere instalată de 112 MW. Barajul din anrocamente al acestei amenajări, deși are înălțimea maximă de numai 32 m, realizează o acumulare cu un volum total de 312 milioane m³, ceea ce permite o regularizare multianuală a debitelor rîului (debit mediu 9,8 m³/s). Derivația, lungă de 7,5 km, realizează o cădere de 430 m, cea mai mare din U.R.S.S. Centrala este echipată cu turbine Pelton.

În cursul acestui an va intra în funcțiune UHE *Hram II*, situată în aval, care va avea o putere instalată de 110 MW. Galeria de aducțiune principală are lungimea de 13,5 km.

În bazinul rîului Kuban pe lîngă UHE existente și în construcție de putere mică, se prevede începerea construcției UHE *Kuban-Kalauk*, cu un lac de acumulare important și o producție de energie electrică de 1,27 miliarde kWh. Lacul de acumulare va folosi atît pentru irigații cît și pentru alimentarea cu apă a unor mari CTE. Se prevede de asemenea devierea debitelor rîurilor Marele și Micul Zelenciuk în bazinul rîului Kuban, ceea ce va da o producție de energie (inclusiv plusul datorită extinderii UHE Kuban-Kalauk) de 1,8 miliarde kWh. În perspectivă se prevede construirea de UHE pe rîurile Labe, Kubanul superior și afluenții lor.

O sursă importantă de energie prezintă rîul *Sulak* și afluenții săi. Schema de amenajare complexă a acestor rîuri prevede construirea a zece UHE cu o putere instalată totală de 1575 MW și o producție de energie electrică de 6,7 TWh/an. Treapta inferioară a cascadei, UHE *Cir-Iurtsk*, a intrat deja în funcțiune în 1960. În cursul septenalului se va începe construcția UHE *Cirkeisk*, cea mai puternică din întreaga cascadă. Pentru această amenajare se va construi un baraj în arc de 235 m înălțime, care va crea un lac de acumulare cu volumul total de 2,58 miliarde m³ și volumul util de 1,25 miliarde m³ la un debit mediu anual de 175 m³/s. Centrala va fi subterană.

În 1961 s-a început construirea UHE *Inguri*, cu puterea instalată de 1400 MW și producția

Tabela 4

Date caracteristice asupra amenajărilor hidroelectrice din regiunea Caucaz

Denumirea UHE	Cursul de apă	Anul intrării în funcțiune a primului agregat	Puterea instalată, MW	Producția de energie electrică, GWh/an	Volumul lacului		Baraj				Derivație			
					total,	util.	tipul	înălțimea construct. maximă, m	lungimea la coronament, m	volumul, mil m³	tipul	Numărul și puterea agregatelor, nr. × MW	lungimea și secțiunea,	
					milioane m³								km	m
Mingheciaur	Kura	1953	371	1 450	16 000	7 500	Baraj de anrocamente	80	1 550	15 600	Uzină baraj	7 × 53	—	—
Inguri	Inguri	În construcție	1 400	4 500	1 550	1 250	Baraj de beton arcuit	301	683	3 000	Galerie sub presiune Galerie de fugă	6 × 237	15,5 2,2	$D = 9,5$ $11,4 \times 13,8$
Cirkeisk	Sulak	Execuția aprobată	..	..	2 500	1 250	Baraj de beton arcuit	230	324	720	Centrală subterană la piciorul barajului	..	—	—
Hram I	Hrami	1948	112	..	312	292	Baraj de anrocamente Deversor	32 ..	.. 44	86,2 24,0	Galerie sub presiune	3 × 37,5	7,5	..
Sevan	Razdan	1949	34	..	Lacul Sevan		—	—	—	—	Canal aducțiune Galerie sub presiune Galerie de fugă Canal de fugă	2 × 17	1,45 0,208 5 514 0,985	$D = 4,4$ $4,7 \times 4,7$
Ghiumuș	Razdan	1953	224	..	4,1	..	Baraj de anrocamente	14	111	..	Galerie cu scurgere liberă Canal	4 × 56	11,280 6,700	—
Arznin	Razdan	1957	66	..	..	..	Baraj deversor	22	..	..	Galerie cu scurgere liberă Canal aducțiune Galerie de fugă	3 × 22	3,448 4,768 0,100	$4,7 \times 5,0$

Date caracteristice asupra amenajărilor hidroelectrice pe fluviile siberiene şi din Asia centrală *Tabela 5*

Denumirea UHE	Cursul de apă	Anul intrării în funcţiune a primului agregat	Puterea instalată, MW	Producţia de energie electrică, GWh/an	Volumul lacului		Barajul				Numărul şi puterea agregatelor, nr. × MW	Volume de lucrări	
					total,	util.	tipul	înălţimea constructivă maximă, m	lungimea la coronament, m	volumul, mii m³		total lucrări de pământ, mii m³	beton şi beton armat, mii m³
					milioane m³								
FLUVIILE SIBERIENE													
Irkutsk	Angara	1956	660	4 100	..	46 000	Centrală deversor Dig de pământ	.. 44,0	240 2 500	840 11 560	..	18 100	840
Bratsk	Angara	1961	4 500	22 600	179 000	50 000	Baraj de beton cu rosturi lărgite Dig de pământ	125,0 31,0	1 441 3699	4 800 12 200	20 × 225	13 000	4 800
Krasnoiarsk	Ienisei	În construcţie	5 000	20 000	73 300	30 000	Baraj de beton de greutate	119,0	1045	3 800	10 × 500	6 000	4 500
Saiani	Ienisei	Execuţia aprobată	5 000	22 200	29 100	.	Baraj de anrocamente	225,0	855	48 400	6 × 840	57 000	810
Novosibirsk	Obi	1957	400	1 635	8 800	4 400	Baraj deversor Dig de pământ	40,0 27,0	194 4 382	182 ..	..	37 000	747
Nijne-Obskaia	Obi	În proiectare	6 000	31 200	1 130 000	..	Baraj deversor Dig de pământ	.. ..	.. ..	.. ..	30 × 200	185 000	3 400
Ust-Kamenogorsk	Irtiş	1952	..	..	630		Baraj de beton de greutate	65,0	390	..	..	1 985	580
Buhtarminsk	Irtiş	1960	675	2 500	53 000	31 000	Baraj de beton cu rosturi lărgite	90,0	380	1 170	9 × 75	1 700	1 170
Niine-Lenskaia	Lena	În proiectare	20 000	93 000	1 911 000	197 000	Baraj deversor Centrală	.. 111,0	280 1 356	.. ..	33 × 610	34 500	9 500
Zeisk	Zeia-Amur	Execuţia aprobată	..	4 400	96 000	59 700	Baraj de anrocamente	113,0	705	13 100	..×170	18 300	350
ASIA CENTRALĂ													
Ciarvak	Circik	Execuţia aprobată	480	1 700	1 420	1 200	Baraj de anrocamente	154,0	720	16 000	4 × 120	20 000	265
Vahş	Nurek	În construcţie	2 700	11 860	10 500	4 500	Baraj de anrocamente	300,0	730	45 000	9 × 300	56 000	420
Kairak-Kum	Sîr-Daria	1956	..	690	4 160	2 600	Baraj deversor Dig de pământ	54,7 31,5	137,4 1202,0	304 2 080	6 × ..	4 000	308
Ciardarinsk	Sîr-Daria	În construcţie	..	..	5 700	4 700	Baraj de pământ	26,5	4760,0	9 258	..	16 900	374

de 4,5 TWh/an, pe rîul cu același nume. Resursele energetice ale rîului Inguri se ridică la 12 TWh/an, din care 9 TWh/an pot fi utilizate foarte economic într-o cascadă de șapte uzine.

UHE Inguri va avea un baraj în arc înalt de 301 m, cel mai înalt din lume, cu un volum de

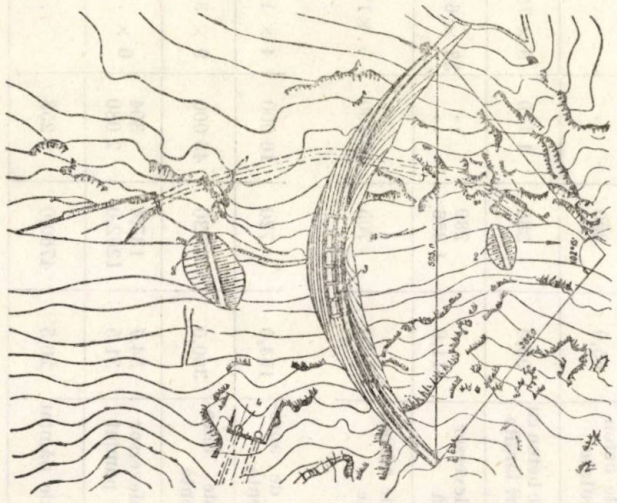


Fig. 7. Barajul UHE Inguri :
1 — galeria de deviere ; *2* — batardou ; *3* — deversor ; *4* — instalația de captare.

beton de 2,9 milioane m³, care va crea un lac de acumulare cu volumul total de 1,55 și volumul util de 1,250 miliarde m³ (fig. 7). Galeria de aducțiune, lungă de 15,5 km, cu diametrul interior de 9,5 m, va necesita un volum de excavații de 1,77 milioane m³ și 345 000 m³ beton. Pe traseul galeriei se prevăd șase ferestre de atac, lungimea maximă a unui tronson fiind de 2960 m, prevăzut a se executa în 35 luni. Clădirea centralei de tip subteran va avea dimensiunile de 15 × 128 m, înălțimea de 47 m și va fi echipată cu șase turbine Francis de 237 MW, avînd diametrul rotorului de 4,5 m și turația de 250 rot/min. Execuția centralei subterane și montajul echipamentului se prevede a se realiza în trei ani. Galeria de fugă va avea 2,2 km și dimensiunile 11,4 × 13,8 m.

În amonte de UHE Inguri se prevede să se execute ulterior UHE Tobari, cu o putere instalată de 1000 MW și producție de energie electrică de 3,6 TWh/an.

3. Amenajarea fluviilor din Siberia

Fluviile siberiene dispun de un potențial hidroenergetic deosebit de însemnat și de condiții foarte favorabile de amenajare de mari uzine hidroelectrice. Dintre aceste fluvii, cele mai importante sînt : Angara, Ienisei, Obi, cu afluentul său Irtîș, Lena, Amur, ș.a. În ultimii ani s-a început construirea de uzine hidroelectrice pe aceste fluvii.

3.1. Amenajarea Angarei

Angara izvorăște din lacul Baikal și se varsă în Ienisei, la 2000 km de vărsarea acestuia în Oceanul Înghețat de Nord. Angara are lungimea de 1850 km și o cădere totală de 378 m. Debitul mediu la ieșirea din lacul Baikal este de 1950 m³/s, iar la vărsarea în Ienisei de 4800 m³/s.

Datorită influenței lacului Baikal, debitele Angarei sînt foarte constante. În plus, valea rîului oferă condiții deosebit de favorabile de amenajare. Densitatea mică a populației și dezvoltarea relativ redusă a regiunii fac ca pagubele datorită inundațiilor să fie puțin însemnate.

Resursele energetice ale acestui rîu sînt evaluate la 86 TWh/an, ceea ce îl situează pe al treilea loc în U.R.S.S. după Ienisei și Lena.

Schema de amenajare a Angarei cuprinde șase UHE în cascadă, avînd parametrii, stabiliți în 1953, indicați în tabela 6.

Tabela 6

Denumirea UHE	Căderea, m	Puterea instalată, MW	Producția de energie electrică, TWh/an
Irkutsk	28	660	4,00
Suhov	12,6	260	1,83
Telminsk	10,7	245	1,67
Bratsk	102,1	3 200	21,27
Ust—Ilimsk	92,6	3 000	20,66
Boguciansk	74,9	2 700	18,61

În urma lucrărilor efectuate ulterior, parametrii energetici au fost măriți. Astfel, puterea instalată a UHE Bratsk s-a ridicat la 4500 MW, a uzinelor Suhov și Telminsk la 800 MW (împreună), iar a UHE Ust-Ilimsk și Boguciansk la cîte 4500 MW (fig. 8).

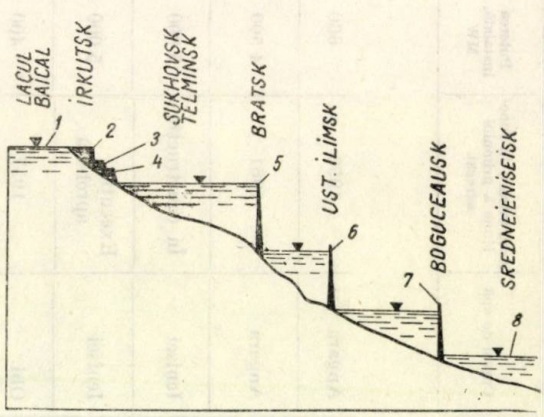


Fig. 8. Schema de amenajare fluvială Angara. Profil în lung.

Din aceste uzine în prezent funcționează cu toată capacitatea UHE Irkutsk, precum și primele grupuri ale UHE Bratsk.

UHE *Irkutsk*, prima treaptă a cascadei, a fost pusă în funcțiune în 1956. Căderea amenajării este de 30,5 m. Volumul util al lacului de acumulare este de 46 miliarde m³, ceea ce permite regularizarea multianuală a debitelor Angarei.

Puterea instalată a uzinei este de 660 000 kW, iar producția de energie electrică de 4,1 TWh/an. Datorită debitului constant al Angarei, hidrocentrul nu este prevăzut cu baraj deversor. Această amenajare este cea mai economică din U.R.S.S.

UHE *Bratsk*, a patra treaptă a cascadei, este deja pusă parțial în funcțiune. Această amenajare, cu puterea de 4500 MW și producția de energie electrică de 22,6 TWh/an, va fi în 1963, la punerea completă în funcțiune, cea mai puternică UHE din lume. Amenajarea cuprinde un baraj de beton înalt de 126 m, care creează o acumulare cu suprafața de 5500 km² și un volum de 179 miliarde m³, cel mai mare lac artificial din lume. Clădirea centralei are lungimea de 515 m, fiind echipată cu 20 de agregate.

În urma precizării lucrărilor de cercetare de teren și laborator, a îmbunătățirii soluțiilor constructive și reducerii coeficienților de siguranță, volumul total de beton necesar la executarea acestei lucrări a fost redus de la 7,3 la 4,7 milioane m³.

După terminarea lucrărilor la UHE Bratsk, se prevede începerea execuției UHE Ust-Ilimsk din aval.

3.2. Amenajarea fluviului Ienisei

Ienisiei este cel mai mare fluviu din U.R.S.S. având lungimea de peste 4500 km. Suprafața bazinului acestui fluviu este 2 700 000 km², debitul mediu la vărsare 17000 m³/s, iar căderea totală 1600 m.

Pe Ienisei se poate construi o cascadă de uzine cu o putere instalată de circa 30 milioane kW și o producție de energie electrică de 120 TWh/an (fig. 9).

În prezent se găsește în construcție UHE *Krasnoiarsk*, care va avea o putere instalată

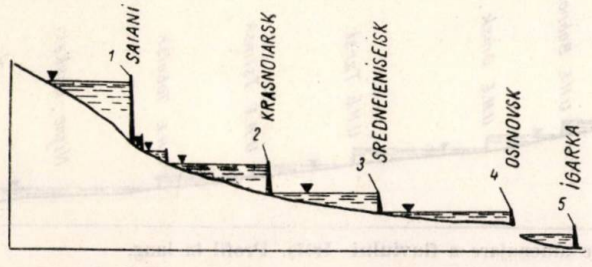


Fig. 9. Schema de amenajare a fluviului Ienisei. Profil în lung.

de 5000 MW și o producție de energie electrică de 20 TWh/an. Debitul mediu în amplasamentul uzinei este de 2800 m³/s. Lacul de acumulare are lungimea de 380 km, suprafața de 2000 km², volumul total de 73 miliarde m³, iar cel util de 30 miliarde m³.

Centrala va fi echipată cu zece agregate a 500 MW, prevăzîndu-se posibilitatea instalării ulterioare a încă două agregate.

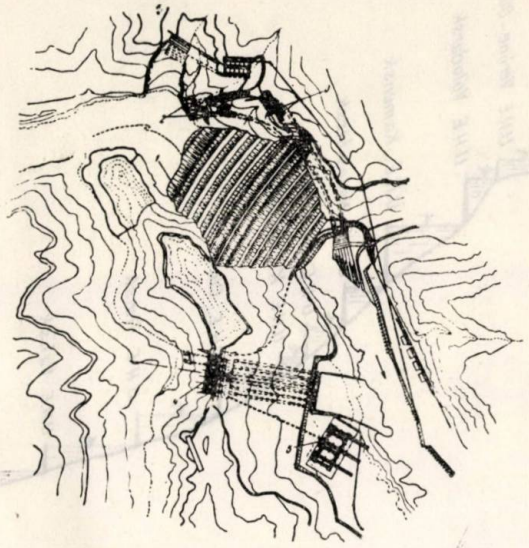


Fig. 10. UHE Saiani. Plan de situație:
1 – baraj de anrocamente; *2* – galeria de deviere; *3* – deversor lateral; *4* – centrală subterană; *5* – stația de transformare.

Pentru turbinele acestei centrale s-a elaborat un nou tip de rotor cu rapiditate mare, având diametrul de 7,5 m și turația de 93,8 rot/min. Turbina dezvoltă o putere de 508 MW la căderea de 95 m și debitul de 580 m³/s. Randamentul maxim este de 94 %.

Pe cursul superior al fluviului Ienisei se poate executa UHE *Saiani*, care va avea puterea instalată de circa 5 milioane kW, la o cădere de 216 m, și o producție medie de energie electrică de 22,2 TWh/an.

Debitul mediu al rîului în amplasamentul barajului este de 1450 m³/s.

Amenajarea va dispune de un baraj de anrocamente înalt de 225 m, având lungimea la coronament de 855 m.

Sala mașinilor, de tip subteran, se prevede să fie echipată cu 6 turbine de cîte 840 MW fiecare (fig. 10).

În aval de UHE Krasnoiarsk se prevede amenajarea a încă trei mari centrale: UHE Sredneieniseisk, Osinovsk și Igarka. Dintre acestea, UHE Sredneieniseisk va avea o putere instalată de 6 — 7000 MW și o producție de energie electrică de peste 35 TWh/an.

3.3. Amenajarea fluviului Obi

Obi, unul dintre cele mai mari rîuri ale U.R.S.S., are suprafața bazinului de 2 930 000 km², lungimea rîului de 3676 km și debitul mediu la vărsare de circa 12 500 m³/s.

Obi, pe aproape întreaga sa lungime, are caracterul unui rîu de şes. Întreaga cădere a rîului, de 165 m, poate fi utilizată prin construirea a zece UHE, care vor putea da o producţie totală de energie electrică de 50 TWh/an (fig. 11).

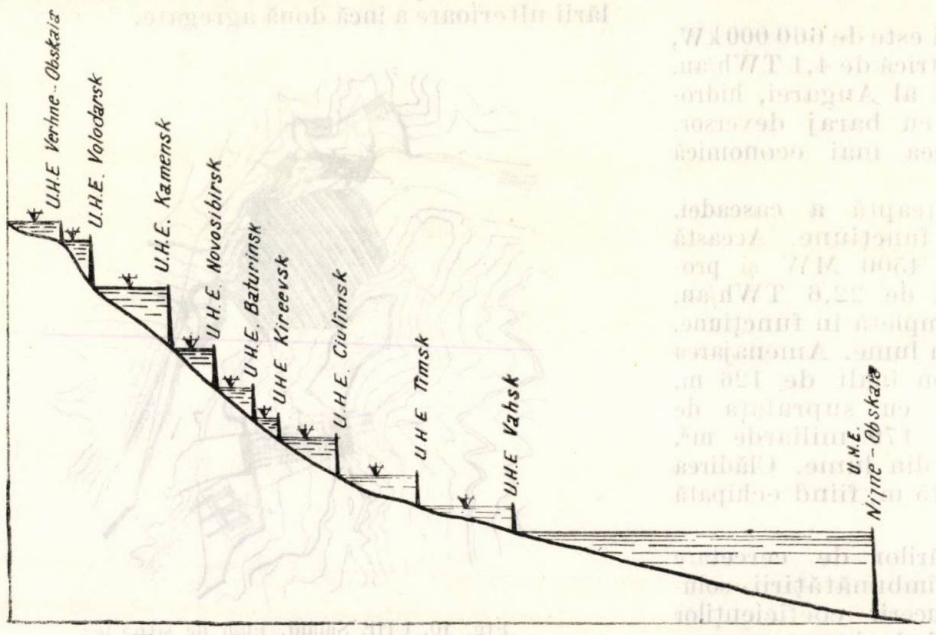


Fig. 11. Schema de amenajare a fluviului Obi. Profil în lung.

Dintre acestea, în prezent este în funcţiune, din 1957, UHE *Novosibirsk*, cu o putere instalată de 400 MW şi o producţie de energie electrică de 1,635 TWh/an. Barajul, înalt de 40 m, creează un lac de acumulare lung de 20 km. Volumul lacului este însă relativ redus (9 miliarde m³), permiţînd numai o regularizare sezonieră a debitelor.

Pe Obi se prevede amenajarea în viitor şi a altor uzine hidroelectrice, dintre care principalele sînt UHE Kamensk şi Nijne-Obskaia.

UHE *Kamensk*, treapta imediat amonte de UHE Novosibirsk, va avea o putere instalată de circa 630 MW. Barajul va crea un mare lac de acumulare, care va avea volumul de 54 miliarde m³ şi suprafaţa de 4500 km². Aceasta va permite creşterea producţiei de energie electrică a UHE Novosibirsk pînă la 2 TWh/an.

UHE *Nijne-Obskaia*, treapta aval a cascadei de uzine de pe Obi, este cea mai importantă amenajare, care va avea o putere instalată de 6000 MW şi o producţie de energie electrică de 31,2 TWh/an. În centrală se prevede instalarea a 30 de agregate de cîte 200 MW fiecare.

Lacul de acumulare al acestei uzine va avea suprafaţa de 82 000 km², volumul total de 1120 miliarde m³ şi cel util de 179 miliarde m³.

În urma studiilor efectuate a rezultat posibilitatea construirii unor uzine economice şi pe cursul superior al rîului Obi (UHE Baturin), precum şi pe afluenţii săi Tomi, Tobol ş.a. Majoritatea lor se amenajează pentru energetică, transport şi alimentarea cu apă a industriilor.

3.4. Amenajarea rîului Irtîş

Irtîş, principalul afluent al fluviului Obi, are o lungime de 3636 km, aproape egală cu cea a rîului Obi. Pe Irtîş se pot amenaja 16 uzine, care folosesc 358 m cădere, avînd o putere instalată totală de circa 4000 MW şi o producţie de energie electrică de circa 19 TWh/an (fig. 12).

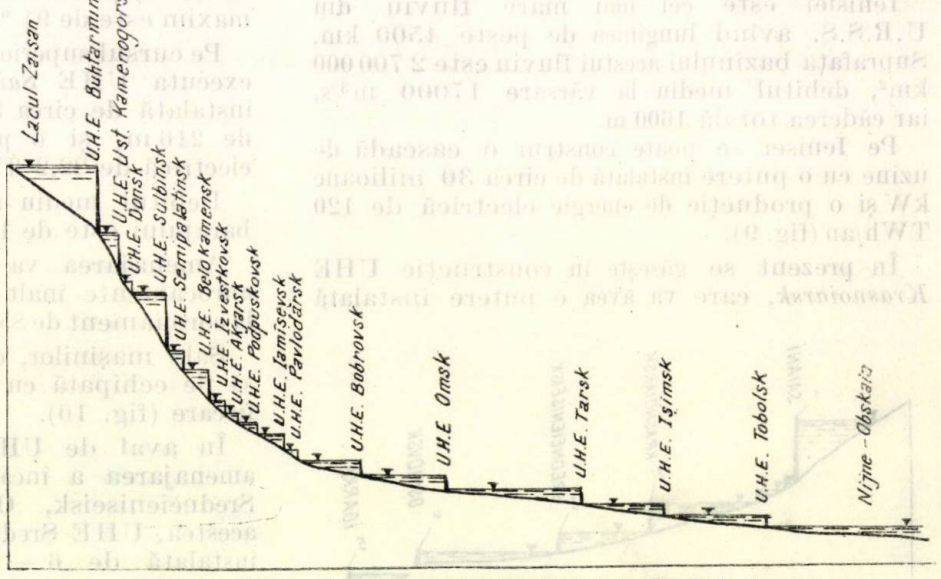


Fig. 12. Schema de amenajare a fluviului Irtîş. Profil în lung.

Dintre acestea în prezent sînt în funcţiune UHE Ust-Kamenogorsk şi Buhtarminsk (parţial).

UHE *Ust-Kamenogorsk* a intrat în funcţiune în anul 1952. Amenajarea dispune de un lac

mic, cu suprafața de 37 km² și volumul total de 600 milioane m³, care permite numai o regularizare zilnică a debitelor.

În 1960 a intrat parțial în funcțiune UHE *Buhtarminsk* din amonte, care creează un mare lac de acumulare, prin ridicarea nivelului lacului natural Zaisan cu 10 m. Astfel, lacul de acumulare are suprafața de 5500 km², volumul total de 53 miliarde m³, iar cel util de 31 miliarde m³, față de un stoc anual al rîului de 18,6 miliarde m³ (debit mediu circa 600 m³/s). Puterea instalată a centralei este de 675 MW, iar producția de energie electrică de 2,5 TWh/an.

În centrală sînt instalate nouă agregate, dintre care opt de tip Francis și un agregat experimental diagonal, cu pale reglabile, care prezintă avantajul unei turații mai ridicate și o curbă de randament mai bună.

3.5. Amenajarea fluviilor Lena și Amur

Lena are suprafața bazinului de 2 450 000 km² și debitul mediu la vărsare de 15660 m³/s. Pe Lena se pot amenaja patru uzine, ale căror date caracteristice preliminare se dau în tabela 7.

Tabela 7

Denumirea UHE	Căderea, m	Debitul mediu, m³/s	Volumul lacului de acumulare		Puterea instalată, MW	Producția de energie electrică, TWh/an
			total	util		
			miliarde m³			
Kireisk	36	1 170	9,9	4,9	400	2,1
Jedaisk	105	4 015	309	37,6	5 700	26,9
Iakutsk	51	6 720	81	34,8	3 700	20,5
Nijne-Lenskaia	88	15 560	1 911	197,0	20 000	93,0

Se constată că din producția totală de energie electrică a celor patru UHE de 140 TWh/an, două din ele — UHE Jedaisk și Nijne-Lenskaia — pot produce circa 120 TWh/an (fig. 13).

Amenajarea rîului Lena are o importanță deosebită pentru energetică și navigație. Posibilitatea realizării unei uzine cu o putere instalată de peste 20 000 MW (UHE Nijne-Lenskaia) va crea o bază energetică însemnată pentru dezvoltarea întregii Siberii orientale.

În prezent, în bazinul Lena sînt în construcție două amenajări pe afluenții Lenei, rîurile Viliui (UHE Viliui) și Mamakan (UHE Mamakan).

Schema de amenajare a Amurului este în curs de elaborare de către specialiști din U.R.S.S. și R.P. Chineză.

În prezent se prevede construirea UHE *Zeisk* pe rîul Zeia, un afluent al Amurului, în scopul regularizării debitelor, limitării inundațiilor și creării unei surse de energie electrică pentru dezvoltarea economiei regiunii și electrificarea căilor ferate.

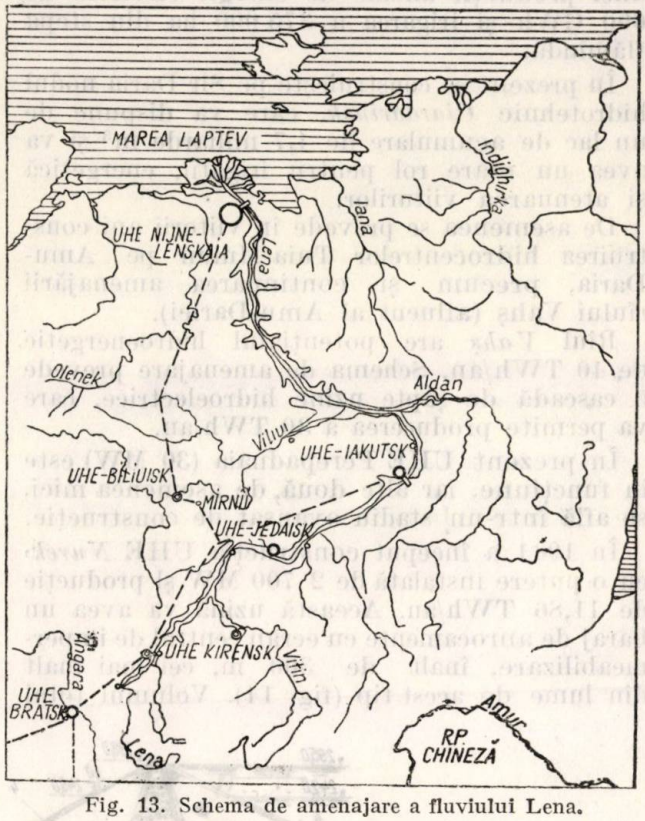


Fig. 13. Schema de amenajare a fluviului Lena.

4. Construcția de uzine hidroelectrice în Asia Centrală

În Asia centrală s-a dezvoltat de asemenea intens construcția de amenajări hidroelectrice în special pentru folosințe complexe, în care un rol deosebit revine energeticii și irigațiilor.

Caracteristică pentru amenajările hidroelectrice executate pînă acum cîțiva ani în această regiune este amenajarea, în special, de uzine de putere mică și mijlocie. Astfel, pe rîul Circik, afluent al Sîr-Dariei, se poate executa o cascadă de 20 UHE. În prezent funcționează 13 UHE, însă resursele energetice ale acestui rîu sînt folosite numai în proporție de 50%. S-a hotărît să se execute pe acest rîu UHE *Ciarvak*, care va avea o putere de 480 MW și o producție de energie electrică de 1,7 TWh/an.

Barajul de anrocamente al acestei amenajări, înalt de 130 m, va crea un lac de acumulare cu volum util de 1,2 miliarde m³, care va permite regularizarea sezonieră a debitelor acestui rîu.

Aceasta va crea condițiile pentru irigarea a 158 000 ha de terenuri noi; de asemenea se vor îmbunătăți condițiile de irigație pe 335 000 ha. Totodată, pe cascada de UHE existente se va putea obține un plus de putere de 108 MW și de energie electrică de 230 GWh/an.

Pe *Sîr-Daria* a intrat în funcțiune în 1959 amenajarea *Kairak-Kum*, cu un volum util de 2,6 miliarde m³, care permite obținerea unei producții anuale de energie electrică de 690 GWh și irigarea a 375 000 ha din stepa flămîndă.

În prezent se construiește pe Sîr-Daria nodul hidrotehnic *Ciardarinsk*, care va dispune de un lac de acumulare de 4,7 miliarde m³ și va avea un mare rol pentru irigații, energetică și atenuarea viiturilor.

De asemenea se prevede în viitorii ani construirea hidrocentrelor Tuia-Muiun pe Amu-Daria, precum și continuarea amenajării rîului Vahș (afluent al Amu-Dariei).

Rîul *Vahș* are potențialul hidroenergetic de 40 TWh/an. Schema de amenajare prevede o cascadă de șapte uzine hidroelectrice, care va permite producerea a 30 TWh/an.

În prezent UHE Perepadnaia (30 MW) este în funcțiune, iar alte două, de asemenea mici, se află într-un stadiu avansat de construcție.

În 1961 a începnt construcția UHE *Nurek*, cu o putere instalată de 2 700 MW și producție de 11,86 TWh/an. Această uzină va avea un baraj de anrocamente cu ecran central de impermeabilizare, înalt de 300 m, cel mai înalt din lume de acest tip (fig. 14). Volumul total

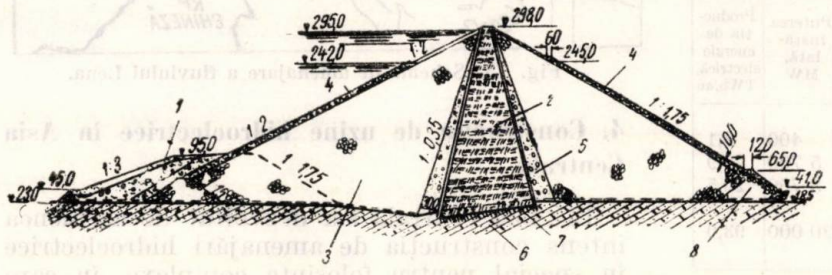


Fig. 14. Barajul UHE Nurek.

al anrocamentelor va fi de 45 milioane m³. Lacul de acumulare va avea un volum total de 10,5 miliarde m³ și un volum util de 4,5 miliarde m³. În centrală vor fi instalate nouă agregate de 300 MW fiecare. Realizarea acestei amenajări va permite irigarea a circa 2 milioane ha.

După realizarea UHE Nurek se prevede construirea unei a doua mari amenajări pe rîul Vahș.

În viitor va fi necesară derivarea unei părți din debitul rîurilor nordice și în primul rînd a fluviului Obi în Asia centrală, pentru irigarea zonelor foarte secetoase din jurul Mării Aral și Mării Caspice.

5. Concluzii

În urma analizării schemelor de amenajare hidroelectrică a principalelor cursuri de apă din U.R.S.S. și prezentării sumare a UHE executate sau prevăzute a se executa, se pot trage unele concluzii asupra direcțiilor principale de dezvoltare a hidroenergeticii sovietice.

1. Amenajarea de uzine hidroelectrice s-a dezvoltat și continuă să se dezvolte în toate regiunile țării. Un accent deosebit se pune pe construirea de uzine hidroelectrice în răsărit, pe marile fluvii siberiene, unde există condiții naturale favorabile pentru realizarea de mari uzine hidroelectrice, cu indici tehnico-economici avantajoși.

2. O caracteristică a dezvoltării amenajărilor hidraulice din U.R.S.S. o constituie caracterul complex al acestora. Construirea celor mai multe amenajări hidraulice se face atît pentru producția de energie electrică cît și pentru îmbunătățirea radicală a condițiilor de navigație pe marile fluvii, irigarea a milioane de hectare de teren secetos, asigurarea debitelor pentru alimentarea cu apă a întreprinderilor industriale și a centrelor populate. Soluții deosebit de interesante din acest punct de vedere au fost date la realizarea cascadelor de uzine hidroelectrice de pe fluviile Nipru și Volga-Kama.

3. O mare parte din UHE executate sau prevăzute a se realiza dispun de mari lacuri de acumulare pentru regularizarea debitelor. Aceasta permite satisfacerea multilaterală a nevoilor de apă ale diferitelor ramuri ale economiei naționale din regiune, precum și îmbunătățirea regimului de funcționare al UHE existente din aval, prin mărirea producției de energie electrică, creșterea puterii asigurate, ameliorarea repartiției în timpul anului a energiei electrice produse ș.a. Astfel de amenajări sînt UHE Kremenciug de pe Nipru, Rîbinsk și „V. I. Lenin" (Kuibîșev) de pe Volga, Buhtarminsk pe Irtîș, Saiani pe Enisei ș.a.

Pentru realizarea unor acumulări cu un efect regularizator maxim s-au amenajat în primul rînd uzinele din amonte de pe rîurile care izvorăsc din lacuri naturale (Angara, Irtîș). Pe cursurile rîurilor, pentru obținerea unor acumulări importante, s-au executat baraje înalte. Astfel, pe marile fluvii din Siberia, unde pagubele produse prin inundații sînt relativ mici, s-au realizat sau se vor realiza baraje de peste 100 m (UHE Bratsk — 125 m, Krasnoiarsk — 119 m, Saiani — 225 m ș.a.). Pentru rîurile din regiunea de munte din Caucaz și Asia centrală se execută baraje și mai înalte, de diferite tipuri. Astfel capătă o largă dezvoltare construcția barajelor în arc, care permit importante reduceri la volumul de beton (UHE Inguri — 301 m înălțime, Cirkeisk — 230 m ș.a.), și a barajelor de anrocamente, care utili-

zează resursele de materiale locale (UHE Nurek — 300 m înălțime).

4. În realizarea UHE se remarcă prioritatea care se dă amenajărilor de mare putere, datorită indicilor energo-economici avantajoși ce se obțin la astfel de amenajări. Din acest punct de vedere se constată o creștere continuă, U.R.S.S. dispunînd în prezent de cele mai puternice amenajări din lume. După UHE „V.I. Lenin" (Kuibîșev), de 2 300 MW, și „Congresul al XXII-lea al P.C.U.S.", de 2 563 MW, de pe Volga, care au intrat în exploatare în ultimii ani, s-au pus în funcțiune primele grupuri ale UHE Bratsk de 4 500 MW. În viitorii ani se prevede, de asemenea, amenajarea a numeroase UHE de 4000 — 6 000 MW pe marile fluvii siberiene (Angara, Ienisei, Obi ș.a.).

Datorită creșterii necesităților de putere de vîrf a sistemului energetic, la multe UHE executate în ultimii ani sau în construcție s-a mărit pe parcurs puterea instalată, ca la UHE Bratsk (de la 3 600 MW la 4 500 MW), Krasnoiarsk (de la 4 000 la 5 000 MW), Kremenciug (de la 425 la 625 MW) ș.a. De asemenea, în anumite cazuri se prevede posibilitatea extinderii ulterioare a puterii instalate (UHE Krasnoiarsk). La unele uzine realizate se studiază posibilitatea măririi puterii lor instalate (UHE „V.I.Lenin" — Dneproghes).

În cazul UHE de derivație, pentru a se obține puteri unitare cît mai mari, se realizează aducțiuni lungi. Astfel, UHE Ghiumuș (Armenia) are aducțiunea în lungime de peste 18 km, iar UHE Inguri va avea galeria sub presiune de 15,5 km și cea de fugă de 2,2 km.

5. Se constată de asemenea tendința de creștere continuă a puterii unitare a agregatelor. După agregatele de cădere mică, de 115 MW, instalate la uzinele de pe Volga, s-au pus în funcțiune la UHE Bratsk primele agregate de 225 MW, iar la UHE Krasnoiarsk se vor instala unități de 500 MW fiecare. În continuare, pentru marile amenajări de pe fluviile siberiene se prevede realizarea de agregate de 800 și 1 000 MW.

La diferite amenajări se experimentează tipuri noi de agregate cu gabarite mai reduse, turații mai ridicate și curbe de randament mai bune. La o serie întreagă de UHE s-au montat sau se prevede montarea de astfel de agregate experimentale (UHE Kama, Saratov, „Congresul al XXII-lea al P.C.U.S.", Buhtarminsk ș.a.).

O largă răspîndire vor lua, în cazul amenajărilor de cădere mică, agregatele orizontale capsulate. Cu astfel de unități se echipează UHE Kiev și se prevede instalarea lor la UHE Ceboksari de pe Volga.

6. O deosebită preocupare se constată pentru reducerea investițiilor și cheltuielilor anuale de producție, precum și pentru micșorarea duratei de construcție și montaj.

Pentru aceasta se acordă o atenție deosebită dispoziției nodului hidrotehnic, căutînd să se grupeze construcțiile de beton (baraj deversor, clădirea centralei, ecluze) pe un singur mal. Se caută să se reducă lungimea barajului deversor. Pentru aceasta se utilizează din ce în ce mai mult golirile de fund la clădirea centralei. Se execută lucrări de cercetare, de laborator și pe modele pentru reducerea volumelor de lucrări. Se caută să se industrializeze construcția uzinelor hidroelectrice prin utilizarea în proporție din ce în ce mai mare a elementelor de beton prefabricate ș.a.

Prin toate aceste măsuri se va ajunge, după cum a arătat tovarășul Hrușciov, în cuvîntarea ținută la punerea în exploatare a UHE Kremenciug, ca construcția uzinelor hidroelectrice pînă la 1 000 MW să se facă în 3—4 ani, iar a celor mai mari, în 5 ani.

Bibliografie

[1] x x x *Programul P.C.U.S.*
[2] * * * *Bolșie plotini* S.S.S.R. GEI, 1962.
[3] Russo, G. A. *Voljskii i Kamskii cascadi ghidroelektrostanții.* — GEI, 1960.
[4] Neporojni P. S. și Filahtov, A. F. *Opît stroitelstva ghidroenergouzlov.* Izdatelstvo Akademii Nauk S.S.S.R., Kiev, 1960.
[5] Novikov, I. T. Energhetika S.S.S.R., GEI, 1961.
[6] Jimerin D. G. Razvitie energhetiki S.S.S.R. GEI, 1960.
[7] * * * Energheticeskoe stroitelstvo S.S.S.R. za 40 let. GEI, 1958.
[8] * * * * Razvitie elektroenerghetiki S.S.S.R. GEI, 1962.
[9] * * * * Biulleten naucino-tehniceskoi informații. Ghidroproekta nr. 12, 1961.
[10] * * * * *Angara Eniseiskii kaskad.* Prospekt M.C.C.E. U.R.S.S.
[11] * * * *Obi — Irtîșkii kaskad.* Prospekt M.C.C.E., U.R.S.S.
Colecția Ghidrotehniceskoe stroitelstvo 1959, 1960, 1961, 1962.

Calculul aproximativ al consumului de abur şi al producţiei de energie electrică în regim de termoficare

GHEORGHE COLŢ şi TITUS GRECU***

La majoritatea marilor centrale electrice de termoficare (CET) se foloseşte preîncălzirea regenerativă a apei de alimentare. Schema termică simplificată a unei CET echipate cu turbine cu două prize reglabile şi avînd circuit regenerativ este dată în figura 1. Condensatul returnat de la consumator şi apa de adaos se introduc într-un degazor atmosferic şi apoi trec la degazorul principal (cu presiunea 6—10 ata). Obişnuit, condensatul este returnat cu 80 — 100°C, iar apa de adaos are circa 35—40°C. Condensatul de la condensatorul turbinei este preîncălzit în preîncălzitoarele de joasă presiune şi ajunge de asemenea la degazorul principal. De aici, toată apa de alimentare trece prin preîncălzitoarele de înaltă presiune şi ajunge, în final, la cazan.

Efectul termoficării „externe", datorit consumatorilor exteriori de căldură, este astfel sensibil amplificat de contribuţia termoficării „interne", cum a fost denumită producerea de energie electrică pe baza aburului folosit prin ciclul regenerativ şi pentru serviciile interne ale centralei [1].

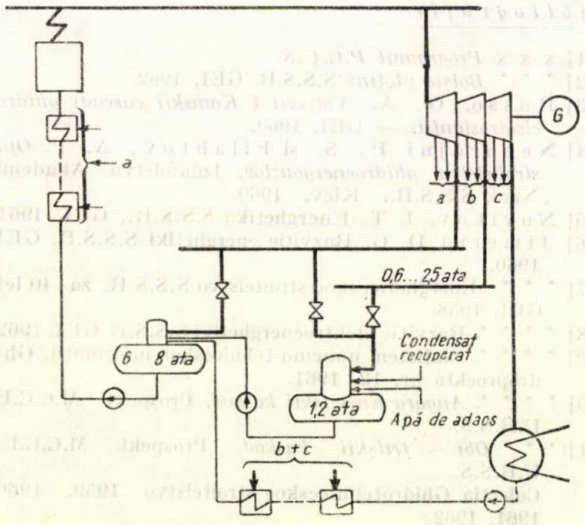


Fig. 1.

Proporţia de condensat returnat variază în limite foarte largi şi deci cantitatea de abur ce trebuie trimisă la degazorul de 1,2 ata variază de la caz la caz.

Pentru turbinele proiectate, fabrica constructoare dă diagrama de consum de abur cu considerarea preîncălzirii regenerative, în ipoteza recuperării întregii cantităţi de condensat la temperatura de 80°C (uneori 100°C). Întocmirea acestor diagrame este foarte laborioasă.

Pentru studiile energetice în care se compară soluţii cu diferite turbine pentru stabilirea soluţiei optime, este necesară folosirea unei metode aproximative pentru găsirea rapidă a producţiei specifice de energie (kWh/Gcal), a consumului de abur viu şi eventual pentru trasarea rapidă a diagramei de consum, toate acestea în condiţiile unei preîncălziri regenerative a apei de alimentare. O metodă simplificată a fost propusă de profesorul sovietic E. I. Sokolov [2].

1. Baza teoretică a metodei de calcul aproximativ

Profesorul Sokolov porneşte de la faptul că pentru destinderi aflate în zona aburului supraîncălzit, căderea adiabatică este practic proporţională cu diferenţa temperaturilor de saturaţie ale aburului la capetele procesului de destindere :

$$H_{ad} = a\ \Delta t_s \ \text{[kcal/kg]} \qquad (1)$$

în care a este coeficientul care depinde de parametrii iniţiali ai aburului. Valorile acestui coeficient se dau în tabela 1.

Din relaţia de proporţionalitate (1) rezultă că lucrul mecanic însumat al aburului extras prin diferitele prize de încălzire va fi practic egal cu lucrul cantităţii totale de abur extras prin prize care s-ar destinde pînă la acea presiune pentru care temperatura de saturaţie este media temperaturilor de saturaţie de la punctele extreme ale procesului de preîncălzire regenerativă.

Pe această bază teoretică, prof. Sokolov propune folosirea schemei termice simplificate din figura 2. Amestecul dintre condensatul returnat (reprezentat schematic prin condensatul de la boilerul B) şi apa de adaos intră cu o temperatură medie ponderată t_{sb} în preîncălzitorul regenerativ $P1$ unde este încălzit pînă la temperatura apei de alimentare t_a. Încălzirea se face cu abur luat dintr-o priză a turbinei, la care temperatura de saturaţie a aburului este egală cu temperatura medie a apei ce se încălzeşte :

$$t_{s1} = \frac{t_{sb} + t_a}{2}. \qquad (2)$$

* Ing. *Gh. Colţ* — Moscova.

** Ing. *T. Grecu* este conferenţiar la Institutul politehnic Bucureşti şi inginer specialist la Institutul de studii şi proiectări energetice.

Tabela 1

Valorile coeficientului a [kcal/kg. grd]

P_0, ata / t_0, °C	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120	140	160	180	200
360	1,33													
380	1,36	1,22												
400	1,40	1,285	1,175											
420	1,45	1,32	1,22	1,145										
440	1,495	1,37	1,27	1,19	1,13									
460	1,55	1,405	1,305	1,225	1,16	1,11	1,075							
480	1,59	1,44	1,35	1,28	1,21	1,15	1,11	1,075	1,04					
500	1,645	1,475	1,39	1,325	1,26	1,20	1,15	1,115	1,085	1,012	0,965			
520	1,69	1,53	1,425	1,35	1,29	1,235	1,19	1,16	1,12	1,05	1	0,95	0,915	0,88
540	1,735	1,57	1,465	1,385	1,33	1,275	1,225	1,195	1,15	1,095	1,04	1	0,955	0,916
560	1,79	1,615	1,505	1,42	1,365	1,32	1,27	1,23	1,19	1,13	1,08	1,03	0,99	0,95
580	1,835	1,655	1,55	1,465	1,405	1,36	1,31	1,27	1,24	1,17	1,115	1,065	1,03	0,99
600	1,875	1,70	1,59	1,51	1,44	1,39	1,34	1,31	1,27	1,20	1,15	1,10	1,06	1,03

Condensatul rezultat de la preîncălzitorul *P1* trece la un preîncălzitor *P2* unde este încălzit tot pînă la temperatura t_a. Încălzirea

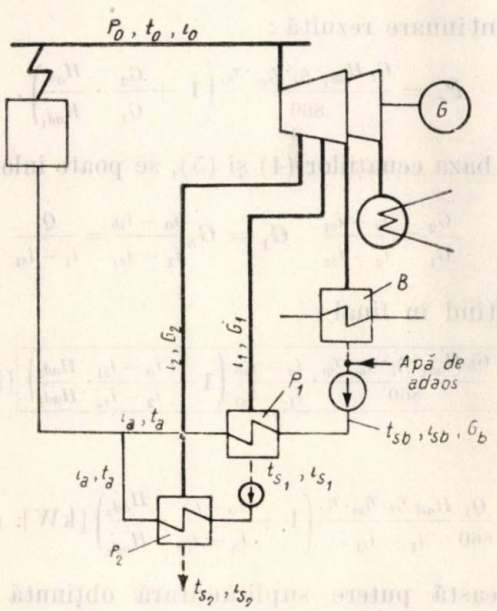


Fig. 2.

se face cu abur dintr-o priză la care temperatura de saturație a aburului este

$$t_{s2} = \frac{t_{s1} + t_a}{2}. \qquad (3)$$

Condensatul rezultat de la preîncălzitorul *P2* ar putea fi încălzit într-un al treilea preîncălzitor *P3* și așa mai departe, însă se constată că este suficientă considerarea a două trepte, eroarea fiind sub 1%.

Sarcinile termice ale preîncălzitoarelor regenerative sînt :

— preîncălzitorul *P1* :

$$Q_1 = G_b\,(i_a - i_{sb}) = G_1\,(i_1 - i_{s1}) \quad [\text{kcal/h}] \qquad (4)$$

— preîncălzitorul *P2* :

$$Q_2 = G_1\,(i_a - i_{s1}) = G_2\,(i_2 - i_{s2}) \quad [\text{kcal/h}] \qquad (5)$$

debitele G_1, G_2, G_b fiind date în kg/h.

Se remarcă că schema are un caracter convențional, contravenind în aparență principiului II al termodinamicii, deoarece temperatura fluidului încălzitor este mai mică decît temperatura finală a fluidului încălzit :

— la preîncălzitorul *P1* : $t_{s1} < t_a$

— la preîncălzitorul *P2* : $t_{s2} < t_a$.

Pentru calculul aproximativ, metoda este însă valabilă, pe baza premisei exprimate de relația (1).

2. Aplicarea metodei; formulele de calcul

Cunoscînd cantitățile de condensat returnat cu temperaturile respective, precum și cantitatea de apă de adaos, rezultă temperatura medie ponderată t_{sb} cu care intră apa în preîncălzitorul *P1* :

$$t_{sb} = \frac{\Sigma\, G \cdot t}{\Sigma\, G}. \qquad (6)$$

Pentru aburul viu cu parametrii P_0, t_0, se găsesc :

— din tabelele de abur saturat : temperatura de saturație t_{s0} ;

— din tabela 1 : coeficientul a ;

— din tabelele de abur supraîncălzit : entalpia i_0 .

Se alege temperatura de preîncălzire a apei de alimentare :

$$t_a \approx (0{,}65 \ldots 0{,}7)\, t_{s0}.$$

Din relațiile (2) și (3) se calculează temperatura de saturație a aburului extras la cele două prize : t_{s1} și t_{s2}.

Din relația (1) rezultă căderile adiabatice prelucrate pînă la fiecare dintre cele două prize :

$$H_{ad1} = a\,(t_{s0} - t_{s1}) \quad [\text{kcal/kg}]$$

$$H_{ad2} = a\,(t_{s0} - t_{s2}) \quad [\text{kcal/kg}].$$

Alegînd randamentul intern η_i al turbinei, rezultă căderile interne și de aci entalpiile aburului extras la prize :

$$H_{i_1} = H_{ad_1}\,\eta_i \;;\; i_1 = i_0 - H_{i_1}$$

$$H_{i_2} = H_{ad_2}\,\eta_i \;;\; i_2 = i_0 - H_{i_2}\,.$$

Aplicînd ecuațiile de bilanț termic (4) și (5) pentru cele două preîncălzitoare, rezultă cantitatea de abur extras la prize :

$$G_1 = G_b \frac{i_a - i_{sb}}{i_1 - i_{s1}} \qquad (7)$$

$$G_2 = G_1 \frac{i_a - i_{s1}}{i_2 - i_{s2}} = G_b \frac{i_a - i_{sb}}{i_1 - i_{s1}} \cdot \frac{i_a - i_{sb}}{i_2 - i_{s2}}\,. \qquad (8)$$

Debitul total necesar preîncălzirii regenerative va fi :

$$\boxed{G_{pr} = G_1 + G_2 = G_b \frac{i_a - i_{sb}}{i_1 - i_{s1}} \left(1 + \frac{i_a - i_{s1}}{i_2 - i_{s2}}\right) = \alpha \cdot G_b} \qquad (9)$$

Valorile factorului α sînt date în figura 3 în funcție de temperatura medie a condensatului t_{sb}, pentru cîteva valori uzuale ale parametrilor aburului și anume :

Curba	P_0 ata	t_0 °C	t_a °C
1	35	435	160
2	64	480	185
3	90	535	212
4	130	565	230
5	170	565	245

Pentru o cantitate G_b de abur livrat în total pentru termoficare, cazanul trebuie să livreze cantitatea de abur $(1 + \alpha) \cdot G_b$.

Puterea, respectiv energia, furnizată de grup datorită aburului folosit în circuitul regenerativ va fi :

$$P_r = \frac{G_1 H_{ad_1} \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g}{860} + \frac{G_2 H_{ad_2} \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g}{860} \left[\text{kW sau } \frac{\text{kWh}}{\text{h}}\right]$$

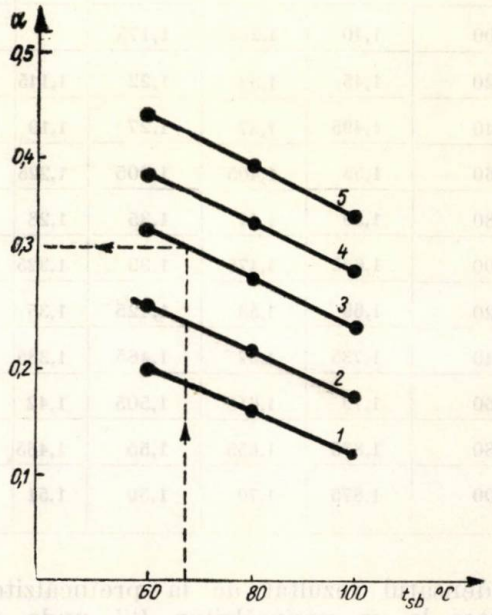


Fig. 3.

în continuare rezultă :

$$P_r = \frac{G_1 H_{ad_1} \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g}{860} \left(1 + \frac{G_2}{G_1} \cdot \frac{H_{ad_2}}{H_{ad_1}}\right).$$

În baza ecuațiilor (4) și (5), se poate înlocui :

$$\frac{G_2}{G_1} = \frac{i_a - i_{s1}}{i_2 - i_{s2}} \qquad G_1 = G_b \frac{i_a - i_{sb}}{i_1 - i_{s1}} = \frac{Q_1}{i_1 - i_{s1}}$$

rezultînd în final :

$$\boxed{P_r = \frac{G_b H_{ad_1} \cdot \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g}{860} \cdot \frac{i_a - i_{sb}}{i_1 - i_{s1}} \left(1 + \frac{i_a - i_{s1}}{i_2 - i_{s2}} \cdot \frac{H_{ad_2}}{H_{ad_2}}\right)} \; [\text{kW}] \qquad (10)$$

sau

$$P_r = \frac{Q_1}{860} \frac{H_{ad}\, \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g}{i_1 - i_{s1}} \left(1 + \frac{i_a - i_{s1}}{i_2 - i_{s2}} \cdot \frac{H_{ad_2}}{H_{ad_1}}\right) [\text{kW}]. \qquad (10')$$

Această putere suplimentară obținută datorită circuitului regenerativ poate fi exprimată ca o cotă din puterea produsă de aburul livrat pentru termoficare

$$\boxed{P_r = \beta\, P_p}\,. \qquad (11)$$

Valorile factorului β sînt date în figura 4, în funcție de presiunea aburului livrat pentru termoficare, pentru aceleași cazuri uzuale con-

siderate în figura 3. Se observă că energia suplimentară obținută în circuitul regenerativ crește relativ, cît presiunea aburului livrat la termoficare este mai mare și cu cît temperatura t_{sb} scade. Mărirea parametrilor aburului viu face ca variația lui β în funcție de ceilalți doi parametri să se atenueze.

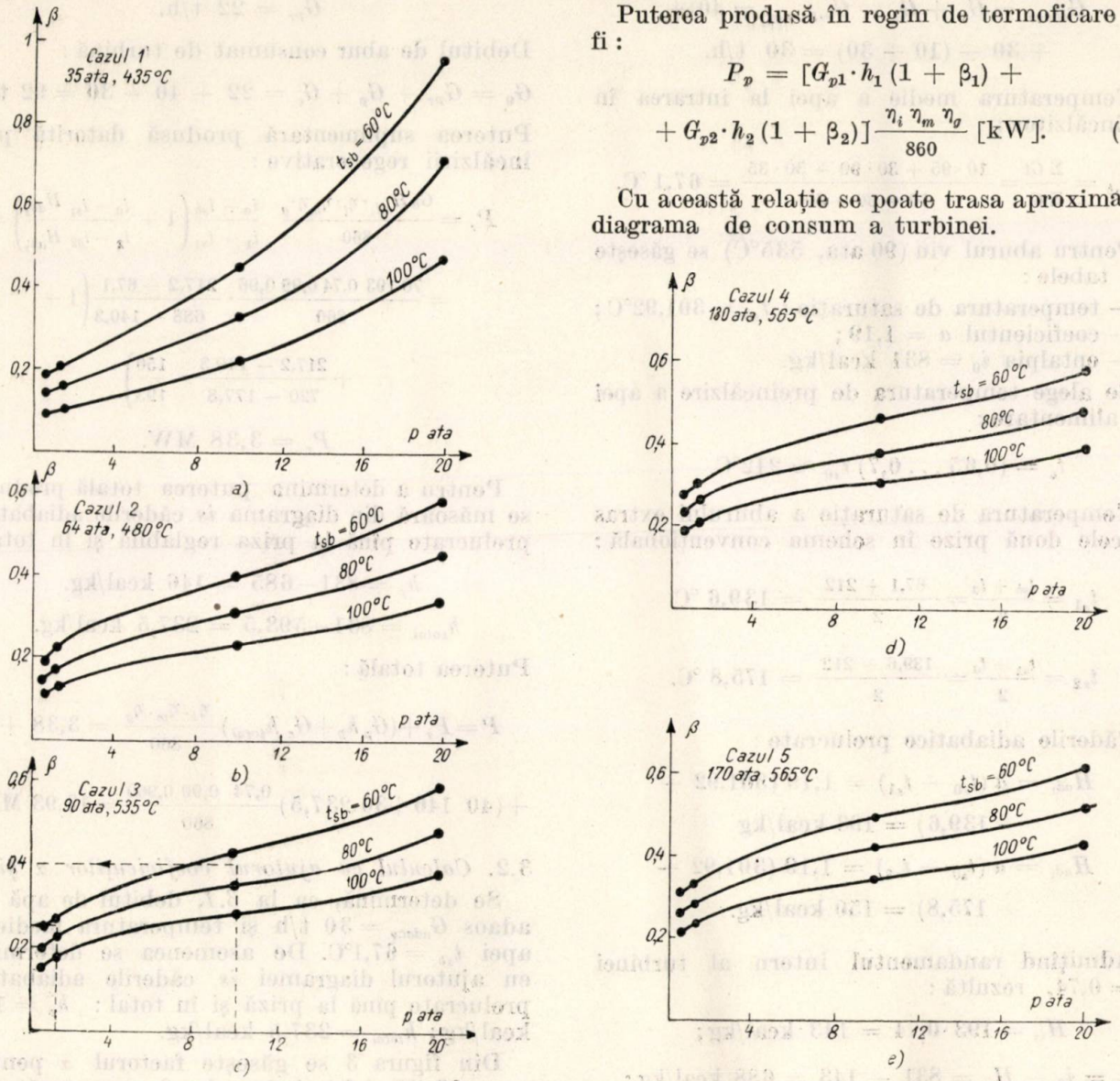


Fig. 4.

*

Pe baza relațiilor (9) și (11) și a diagramelor din figurile 3 și 4, calculul puterii produse și al consumului de abur în regim de termoficare devine foarte simplu. Considerînd o turbină care livrează debitul G_{p1} la presiunea p_1 și G_{p2} la p_2, se determină din diagrama *is* sau pe baza relației (1) căderile adiabatice de la intrare pînă la prizele respective, fie h_1 și h_2. Cunoscînd temperatura medie a condensatului t_{sb}, se determină din figura 3 factorul α, rezultînd consumul de abur:

$$G_0 = (G_{p1} + G_{p2})\,\alpha \text{ [kg/h]}. \qquad (12)$$

În funcție de presiunile p_1 și p_2, se găsesc din figura 4 factorii β corespunzători (fie β_1 și β_2).

Puterea produsă în regim de termoficare va fi:

$$P_p = [G_{p1} \cdot h_1 (1 + \beta_1) + G_{p2} \cdot h_2 (1 + \beta_2)] \frac{\eta_i \eta_m \eta_g}{860} \text{ [kW]}. \qquad (13)$$

Cu această relație se poate trasa aproximativ diagrama de consum a turbinei.

3. Exemplu de calcul

O turbină de 12 MW cu parametrii aburului 90 ata, 535°C are o priză reglabilă la 10 ata cu debitul 40 t/h și contrapresiunea 1,2 ata cu debitul 30 t/h. Din instalația de termoficare se returnează 10 t/h condensat de la întreprinderi industriale cu 95°C și 30 t/h condensat de la boilerul de rețea cu 90°C. Apa de adaos se introduce cu 35°C. Instalația este prevăzută cu circuit regenerativ. Se cere să se calculeze

consumul de abur al turbinei și puterea produsă. Calculul se va face atît prin aplicarea metodei complete, cît și cu ajutorul factorilor α și β.

3.1. Calculul complet

Debitul de apă de adaos :

$$G_{adaos} = G_p + G_r - G_{retur\,nat} = 40 + 30 - (10 + 30) = 30 \text{ t/h.}$$

Temperatura medie a apei la intrarea în preîncălzitor :

$$t_{sb} = \frac{\Sigma Gt}{\Sigma G} = \frac{10 \cdot 95 + 30 \cdot 90 + 30 \cdot 35}{10 + 30 + 30} = 67{,}1\ ^\circ\text{C}.$$

Pentru aburul viu (90 ata, 535°C) se găsește din tabele :

— temperatura de saturație : $t_{s0} = 301{,}92^\circ$C ;
— coeficientul $a = 1{,}19$;
— entalpia $i_0 = 831$ kcal/kg.

Se alege temperatura de preîncălzire a apei de alimentare :

$$t_a = (0{,}65 \ldots 0{,}7)\, t_{s0} \approx 212^\circ\text{C}.$$

Temperatura de saturație a aburului extras la cele două prize în schema convențională :

$$t_{s1} = \frac{t_{sb} + t_a}{2} = \frac{67{,}1 + 212}{2} = 139{,}6\ ^\circ\text{C}$$

$$t_{s2} = \frac{t_{s1} + t_a}{2} = \frac{139{,}6 + 212}{2} = 175{,}8\ ^\circ\text{C}.$$

Căderile adiabatice prelucrate :

$$H_{ad_1} = a\,(t_{s0} - t_{s1}) = 1{,}19\,(301{,}92 - 139{,}6) = 193 \text{ kcal/kg}$$

$$H_{ad_2} = a\,(t_{s0} - t_{s2}) = 1{,}19\,(301{,}92 - 175{,}8) = 150 \text{ kcal/kg.}$$

Admițînd randamentul intern al turbinei $\eta_i = 0{,}74$, rezultă :

$$H_{i_1} = 193 \cdot 0{,}74 = 143 \text{ kcal/kg} ;$$

$$i_1 = i_0 - H_{i_1} = 831 - 143 = 688 \text{ kcal/kg} ;$$

$$H_{i_2} = 150 \cdot 0{,}74 = 111 \text{ kcal/kg} ;$$

$$i_2 = i_0 - H_{i_2} = 831 - 111 = 720 \text{ kcal/kg.}$$

Din tabelele de abur supraîncălzit se găsește, pentru apa cu presiunea de 100 ata și temperatura $t_a = 212^\circ$C, entalpia $i_a = 217{,}2$ kcal/kg.

Din tabelele de abur saturat, se găsește entalpia apei la saturație :

$t_{s1} = 139{,}6^\circ$C corespunde $i_{s1} = 140{,}3$ kcal/kg

$t_{s2} = 175{,}8^\circ$C corespunde $i_{s2} = 177{,}8$ kcal/kg.

Debitul necesar preîncălzirii regenerative :

$$G_{pr} = G_b \frac{i_a - i_{sb}}{i_1 - i_{s1}} \left(1 + \frac{i_a - i_{s1}}{i_2 - i_{s2}}\right) = 70 \frac{217{,}2 - 67{,}1}{688 - 140{,}3} \left(1 + \frac{217{,}2 - 140{,}3}{720 - 177{,}8}\right)$$

$$G_{pr} = 22 \text{ t/h.}$$

Debitul de abur consumat de turbină :

$$G_0 = G_{pr} + G_p + G_c = 22 + 40 + 30 = 92 \text{ t/h.}$$

Puterea suplimentară produsă datorită preîncălzirii regenerative :

$$P_r = \frac{G_b H_{ad_1} \cdot \eta_i \cdot \eta_m \eta_g}{860} \frac{i_a - i_{sb}}{i_1 - i_{s1}} \left(1 + \frac{i_a - i_{s1}}{i_2 - i_{s2}} \frac{H_{ad_2}}{H_{ad_1}}\right) = \frac{70\ 193\ 0{,}74\ 0{,}99\ 0{,}96}{860} \cdot \frac{217{,}2 - 67{,}1}{688 - 140{,}3} \left(1 + \frac{217{,}2 - 140{,}3}{720 - 177{,}8} \cdot \frac{150}{193}\right)$$

$$P_r = 3{,}38 \text{ MW.}$$

Pentru a determina puterea totală produsă, se măsoară din diagrama *is* căderile adiabatice prelucrate pînă la priza reglabilă și în total :

$$h_p = 831 - 685 = 146 \text{ kcal/kg.}$$

$$h_{total} = 831 - 593{,}5 = 237{,}5 \text{ kcal/kg.}$$

Puterea totală :

$$P = P_r + (G_p h_p + G_c h_{total}) \frac{\eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g}{860} = 3{,}38 + (40\ 146 + 30\ 237{,}5) \frac{0{,}74\ 0{,}99\ 0{,}960}{860} = 13{,}93 \text{ MW.}$$

3.2. *Calculul cu ajutorul coeficienților α și β*

Se determină, ca la *3.1*, debitul de apă de adaos $G_{adaos} = 30$ t/h și temperatura medie a apei $t_{sb} = 67{,}1^\circ$C. De asemenea se determină cu ajutorul diagramei *is* căderile adiabatice prelucrate pînă la priză și în total : $h_p = 146$ kcal/kg ; $h_{total} = 237{,}5$ kcal/kg.

Din figura 3 se găsește factorul α pentru $t_{sb} = 67{,}1^\circ$C și folosind curba *3* corespunzătoare parametrilor aburului 90 ata, 535°C :

$$\alpha = 0{,}314.$$

Rezultă consumul total de abur :

$$G_0 = (1 + \alpha)\, G_b = (1 + 0{,}314)\ 70 = 92 \text{ t/h.}$$

Din figura 4 se găsește valoarea coeficientului β :

— pentru presiunea la priză 10 ata, din figura 4, *c*, prin interpolare :

$$\beta_p = 0{,}4 ;$$

— pentru presiunea de evacuare 1,2 ata, din figura 4, c prin interpolare :

$$\beta_c = 0{,}25.$$

Rezultă puterea totală a grupului :

$$P = [G_p \cdot h_p \cdot (1+\beta_p) + G_c \cdot h_{total} (1+\beta_c)] \frac{\eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_g}{860} =$$

$$= (40 \cdot 146 \cdot 1{,}4 + 30 \cdot 237{,}5 \cdot 1{,}25) \frac{0{,}74 \cdot 0{,}99 \cdot 0{,}96}{860}$$

$$N = 14 \text{ MW}.$$

Se remarcă simplificarea pe care o aduce folosirea factorilor α şi β, în condiţiile unei precizii suficiente.

Bibliografie

[1] Stăncescu, I. D. : *Bazele tehnice şi economice ale termoficării.* Bucureşti, Editura tehnică, 1961.

[2] Sokolov, E. I. : *Despre metoda de calcul a indicilor tehnico-economici la centralele termoelectrice,* Elektriceskie stanţii **32**, 1961, nr. 12, p. 76—78.

[3] Şitman, S. E. : *Despre metoda de calcul şi de normare a indicilor tehnico-economici ai centralelor termoelectrice,* Elektriceskie stanţii **32**, 1961, nr. 2, p. 4—7.

Funcţionarea protecţiei de distanţă cu relee de tip RD-7 la suprasarcini şi posibilităţile de ameliorare a acesteia

*IOSUB CHENZBRAUN** — Bucureşti

Una dintre problemele cele mai dificile care se pun protecţiei prin relee în reţelele de înaltă tensiune, în special în cazul liniilor lungi şi foarte încărcate, este aceea a realizării atît a unei sensibilităţi mari cît şi a unei capacităţi mari de transport de putere. Aceste cerinţe sînt, evident, contradictorii. După cum se ştie, protecţia maximală nu reuşeşte în general să satisfacă aceste condiţii, nici chiar cînd este completată cu un blocaj de tensiune minimă. Protecţia de distanţă, introdusă în reţele încă acum 30 de ani, răspundea tocmai acestor două cerinţe contradictorii. Pornirea protecţiei nefiind determinată numai de creşterea curentului peste o anumită limită, ci şi de scăderea impedanţei circuitului protejat, pericolul declanşării provocate de creştere a curentului ca urmare a unei suprasarcini este înlăturat. Totodată însă, impedanţa măsurată de releul de distanţă montat pe o linie este şi ea o mărime variabilă cu sarcina, şi anume cu atît mai mică cu cît sarcina este mai mare. Deci suprasarcina ce poate apărea pe o linie determină o scădere a impedanţei, măsurată de releu, şi pentru a evita declanşarea liniei trebuie ca impedanţa de sarcină să fie întotdeauna mai mare decît cea de declanşare.

Variaţia impedanţei de sarcină — măsurată de releu — cu curentul din linie este dată de expresia $Z_s = \frac{U}{\sqrt{3}\, I}$ şi are deci forma unei hiperbole (fig. 1, curba a).

Pentru a satisface cele două cerinţe contradictorii menţionate mai sus, impedanţa de pornire a releelor de distanţă nu trebuie să fie constantă, ci trebuie să varieze cu curentul ; variaţia trebuie să fie similară cu cea a impedanţei de serviciu, aceasta din urmă fiind mai mare decît cea de pornire în întregul domeniu al curenţilor de sarcină posibili.

Într-adevăr, dacă impedanţa de pornire ar avea o valoare constantă, ea ar trebui să fie mai mică decît valoarea minimă a impedanţei de serviciu în condiţii de suprasarcină (linia orizontală punctată b din fig. 1), ceea ce ar micşora foarte mult sensibilitatea protecţiei ; această micşorare, după cum se vede în figura 1, nu este necesară în domeniul curenţilor mici, unde se poate adopta o impedanţă de pornire mult mai mare.

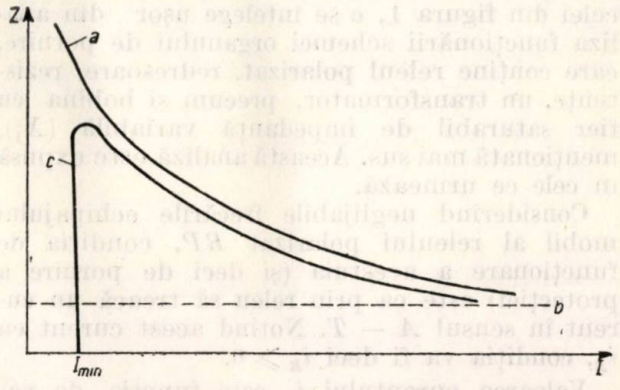


Fig. 1. Variaţia impedanţei de sarcină şi a celei de funcţionare cu intensitatea curentului.

Din acest motiv, impedanţa de pornire are în general la releele de distanţă alura curbei c din figura 1.

* Ing. *I. Chenzbraun* este şeful serviciului de protecţie prin relee din unitatea productivă de dispecer energetic din M.M.E.E.—D.E.E.

Ea este, în mod obișnuit, în domeniul curenților de sarcină ce pot apărea pe linie, mai mică decît impedanța de serviciu, și deci declanșarea la suprasarcină este evitată; totodată, pentru valori mici ale curentului, impedanța de pornire crește și în felul acesta se asigură o sensibilitate mărită, deoarece tocmai la defectele mai depărtate curentul de scurtcircuit este mai mic.

Funcționarea protecției se produce, după cum se vede în figura 1, numai dacă curentul depășește o anumită valoare I_{MIN}, chiar dacă tensiunea — și deci impedanța — este nulă.

Această valoare minimă de funcționare a curentului este determinată de frecările ce trebuie învinse de cuplul activ al releelor de impedanță.

Diferitele tipuri de relee de distanță realizează o curbă a impedanței de pornire de felul celei prezentate în figura 1, *c*, folosind diferite principii constructive.

Releele de distanță de tipul RD 7, cel mai larg răspîndite în țara noastră, realizează o asemenea caracteristică prin folosirea unor bobine cu fier, a căror impedanță, datorită saturației, este variabilă.

Organele de pornire ale protecției RD 7 sînt niște relee de impedanță realizate după principiul „balanței electrice", schema principială a acestora fiind cea din figura 2, unde este prezentat elementul de pornire de pe o fază.

Releul folosit în elementul de pornire este un releu polarizat, tensiunea și curentul ce-l excită fiind în prealabil redresate.

Redresarea mărimilor alternative și folosirea releelor de curent continuu sînt, în prezent, din ce în ce mai răspîndite în construcția protecțiilor de distanță, deoarece în felul acesta se realizează o sensibilitate mărită și eliminarea vibrațiilor, și prin aceasta o mai mare precizie de funcționare.

Obținerea caracteristicii de pornire de felul celei din figura 1, *c* se înțelege ușor din analiza funcționării schemei organului de pornire, care conține releul polarizat, redresoare, rezistențe, un transformator, precum și bobina cu fier saturabil de impedanță variabilă (X_1), menționată mai sus. Această analiză este expusă în cele ce urmează.

Considerînd neglijabile frecările echipajului mobil al releului polarizat RP, condiția de funcționare a acestuia (și deci de pornire a protecției) este ca prin releu să treacă un curent în sensul $A - T$. Notînd acest curent cu i_R, condiția va fi deci $i_R \geqslant 0$.

Valoarea curentului i_R este funcție de valorile tensiunii și curentului cu care este alimentat elementul de pornire. Pentru a găsi deci caracteristica de funcționare a organului de pornire $-Z_{funcț} = f(I)$ — trebuie determinate relațiile dintre curentul și tensiunea cu care se alimentează organul de pornire (al căror raport este chiar impedanța măsurată de acesta) și curentul i_R.

După cum se observă din schema din figura 2, curentul i_R prin releul RP este rezultatul acțiunii a două f.e.m. acționînd în sens invers,

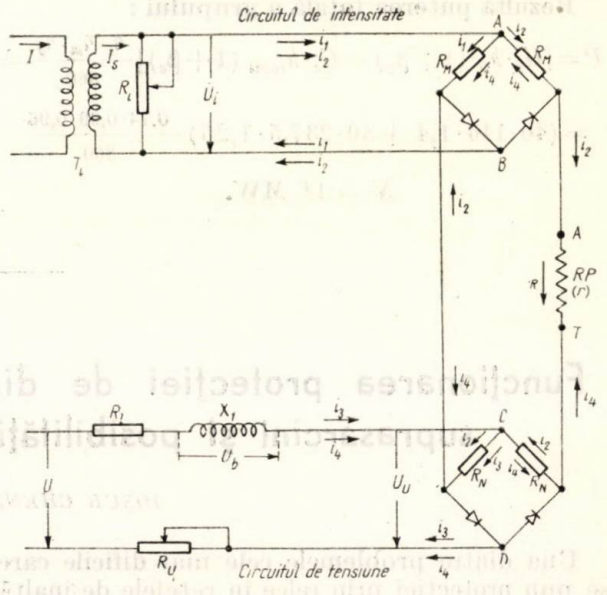


Fig. 2. Schema de principiu a organului de pornire (Q_3) al releului RD 7.

una provenind din circuitul alimentat de curentul elementului protejat — „circuitul de intensitate" — iar cealaltă din „circuitul de tensiune".

Pentru determinarea expresiei curentului i_R se poate folosi principiul suprapunerii efectelor, în aplicarea căruia trebuie ținut seamă de anumite particularități ale schemei, și anume:

a) Curentul I_s din secundarul transformatorului T_i este independent de valoarea curentului i_R, el fiind determinat univoc de curentul reductorului de intensitate al elementului protejat.

b) Datorită valorii mult mai mici a rezistențelor R_N în raport cu rezistența r a releului RP, tensiunea U_u este și ea practic independentă de valoarea curentului i_R, fiind determinată (după o relație ce se va vedea mai jos) de tensiunea aplicată U. De altfel acest lucru se verifică și experimental. (Aplicînd o tensiune U și variindu-l în limite largi pe I, U_u rămîne constant).

Deci aceste două mărimi, I_s și U_u caracterizează pentru schema noastră două surse independente, care pot fi considerate ca atare în aplicarea principiului suprapunerii efectelor.

Expresia curentului i_R poate fi determinată deci prin suprapunerea a două regimuri, într-unul din ele existînd doar curentul I_s și bornele CD fiind scurcitcuitate, iar în al doilea aplicîndu-se doar o tensiune U_u și bornele AB fiind scurtcircuitate.

Se poate menționa că — pentru determinarea expresiei curentului în aceste două regimuri — datorită existenței punților redresoare nici nu sînt necesare scurtcircuitările indicate, ele neintervenind cu nimic, lucru constatat, de altfel, și experimental.

Considerînd cele două regimuri menționate, vom avea :

a) **Regimul 1** — există doar I_s. În schemă circulă curenții notați cu i_1 și i_2.

Îl folosim pe U_i — care de fapt nu este o mărime independentă, ci variabilă cu i_R, și deci cu U_u — doar pentru a-i exprima pe i_1 și i_2 funcție de mărimea independentă I_s :

$$U_i = R_M i_1,$$

$$U_i = (R_M + r + 2R_N)\, i_2.$$

Notînd :

$$R_M + r + 2R_N = R_\alpha,$$

avem :

$$i_1 + i_2 = \frac{U_i}{R_M} + \frac{U_i}{R_\alpha} = U_i \frac{R_M + R_\alpha}{R_M R_\alpha},$$

iar

$$i_2 = (i_1 + i_2) \frac{R_M}{R_M + R_\alpha}.$$

Cum, pe de altă parte :

$$i_1 + i_2 = I_s \frac{R_i}{R_i + \dfrac{R_M R_\alpha}{R_M + R_\alpha}},$$

avem :

$$i_2 = I_s \frac{R_i}{\dfrac{R_i R_M + R_i R_\alpha + R_M R_\alpha}{R_M + R_\alpha}} \cdot \frac{R_M}{R_M + R_\alpha}$$

și, în definitiv :

$$i_2 = I_s \frac{R_i R_M}{R_i R_M + R_i R_\alpha + R_M R_\alpha} = K_i I_s,$$

unde :

$$K_i = \frac{R_i R_M}{R_i R_M + R_i R_\alpha + R_M R_\alpha}.$$

Deci curentul ce trece prin releul RP în prmul regim este :

$$i_2 = K_i I_s.$$

b) **Regimul 2** — există doar U_u. În schemă circulă curenții i_3 și i_4 :

$$U_u = R_N i_3,$$

$$U_u = (R_N + r + 2R_M)\, i_4;$$

deci :

$$i_4 = \frac{U_u}{R_N + r + 2R_M}$$

și notînd :

$$R_N + r + 2R_M = R_\beta,$$

avem :

$$i_4 = \frac{U_u}{R_\beta}, \text{ sau } i_4 = K_u U_u$$

unde :

$$K_u = \frac{1}{R_\beta}.$$

Deci curentul ce trece prin releu în regimul al doilea (în sens invers cu i_2) este :

$$i_4 = K_u U_u.$$

Deci curentul care trece în realitate prin releu cînd există atît I cît și U, determinat prin suprapunerea efectelor, este :

$$i_R = i_2 - i_4 = K_i I_s - K_u U_u,$$

iar condiția de funcționare a releului este deci :

$$K_i I_s - K_u U_u \geqslant 0,$$

condiție ce devine prin împărțirea cu I și prin ordonare :

$$\frac{U_u}{I_s} \leqslant \frac{K_i}{K_u},$$

și notînd :

$$\frac{K_i}{K_u} = K',$$

$$\frac{U_u}{I_s} \leqslant K'.$$

Observăm că în calculul expresiei lui i_R — efectuat mai sus — am considerat redresoarele ca avînd rezistență nulă într-un sens și infinită în celălalt, lucru evident nerealizabil ; această aproximație nu modifică rezultatul obținut ; de asemenea nu s-au mai introdus — pentru simplificarea formulelor — coeficienții de transformare a mărimilor alternative în mărimi continue.

O dată această condiție de funcționare determinată, trebuie stabilite relațiile ce există între I_s și U_u și mărimile cu care este alimentat organul de pornire, adică I și respectiv U, și exprimată condiția de pornire funcție de acestea.

Condiția de pornire a protecției, exprimată cu ajutorul mărimilor U și I, permite determinarea caracteristicii de funcționare, prezentată mai sus.

După cum s-a menționat, caracteristica elementului de pornire de felul celei din figura 1, care determină o comportare diferită la defecte și la suprasarcină, se realizează cu ajutorul bobinei saturabile X_1.

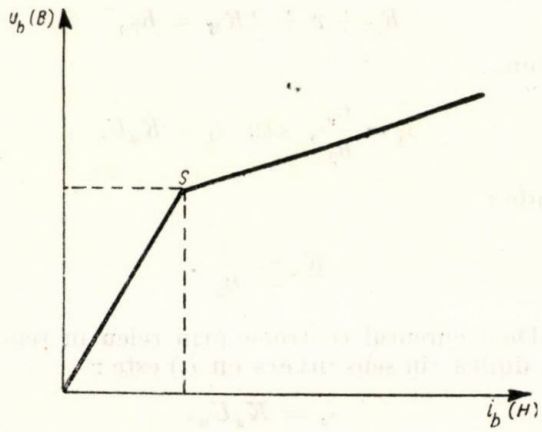


Fig. 3. Diagrama $U_b = f(i_b)$.

Diagrama tensiune funcție de curent a acesteia, ca a oricărei bobine cu fier saturabil, este prezentată în figura 3, unde s este punctul în care începe saturația fierului.

Cu ajutorul acestei diagrame se poate găsi relația între tensiunea aplicată releului U și tensiunea U_u (folosind această relație și ținînd seamă de faptul că I_s este riguros proporțional cu I, se determină caracteristica de lucru a protecției).

Relația între U și U_b (tensiunea la bornele bobinei) se poate exprima: $U_b = U - (R_1 + R_u + R_N)\, i_3$, unde i_3 este, după cum știm, curentul care trece printr-o singură ramură a punții redresoare; se face aici aproximarea de a-l neglija în calculul căderii de tensiune pe i_4, dat fiind că — așa cum s-a menționat (pe baza verificărilor experimentale) — i_4 este mult mai mic decît i_3 și neglijabil față de acesta. Se consideră deci $i_b = i_3$. Tensiunea U_u se poate exprima (folosind aceeași aproximare valabilă), funcție de U și U_b, astfel:

$$U_u = U - U_b - (R_1 + R_u)\, i_3.$$

Notînd $R_1 + R_u = R_a$ și $R_a + R_N = R$ și considerînd: $i_b = i_3$, expresiile devin:

$$U_b = U - Ri_b, \qquad (1)$$

respectiv:

$$U_u = U - U_b - R_a i_b. \qquad (2)$$

Cu ajutorul curbei $U_b = f(i_b)$ (fig. 3) și al acestor două relații putem stabili dependența dintre U_u și U.

În acest scop îl utilizăm pe i_b ca parametru și construim, pe baza curbei din figura 3 și a relației (1), curba $U = f(i_b)$ (fig. 4). Pentru simplificarea raționamentelor, cele două porțiuni — saturată și nesaturată — ale curbei din figura 3 le-am reprezentat întîlnindu-se într-un punct, și nu printr-o racordare curbă; în felul

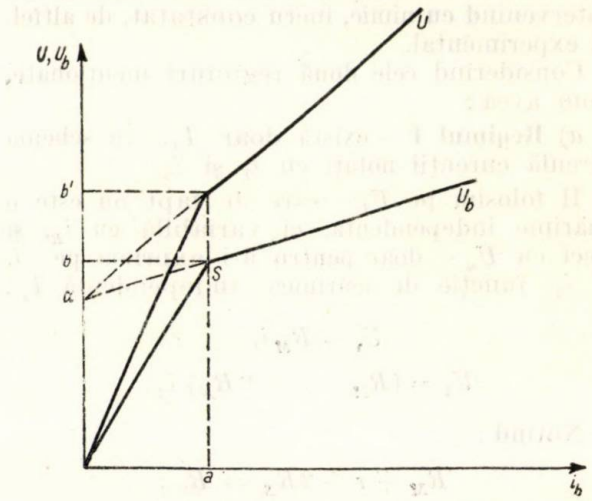


Fig. 4. Obținerea curbei $U = f(i_b)$.

acesta, prima porțiune a curbei $U_b = f(i_b)$, pînă la punctul de saturație S de coordonate a, b, este o dreaptă avînd ecuația $U_b = K_1 i_b$, iar a doua parte este tot o dreaptă a ecuației $U_b = \alpha + K_2\, i_b$, K_2 fiind mai mic decît K_1.

Curba $U = f(i_b)$ se obține prin adăugarea la fiecare ordonată a curbei $U_b = f(i_b)$ a unui termen Ri_b.

Pentru prima porțiune a curbei vom avea:

$$U = K_1 i_b + Ri_b = (K_1 + R)\, i_b,$$

iar pentru a doua porțiune:

$$U = \alpha + K_2 i_b + Ri_b = \alpha + (K_2 + R)\, i_b.$$

Deci curba $U = f(i_b)$ se compune tot din două drepte racordate în dreptul aceleiași abscise a. Ordonata punctului de racordare este $b' = (k_1 + R)\, a$, iar intersecția porțiunii a doua cu axa verticală este la aceeași valoare α.

Curbele din figura 4 reprezintă legătura între i_b și U, între U_b și i_b, și deci și între U_b și U, și permit astfel exprimarea termenului doi al relației (2) numai prin U și deci obținerea legăturii între U_u și U. Pentru $U < b'$:

$$U = (K_1 + R)\, i_b \text{ și deci } i_b = \frac{U}{K_1 + R},$$

pentru $U > b'$:

$$U = \alpha + (K_2 + R)\, i_b \text{ și deci } i_b = \frac{1}{K_2 + R}\, U - \frac{\alpha}{K_2 + R},$$

iar

$$R_a i_b = \frac{R_a}{K_2 + R}\, U - \frac{\alpha R_a}{K_2 + R}.$$

Deci pentru $U < b'$:

$$U_b = K_1 i_b = \frac{K_1}{K_1 + R} U,$$

iar pentru $U > b'$:

$$U_b = \alpha + \frac{K_2}{K_2 + R} U - \frac{K_2 \alpha}{K_2 + R}.$$

Ţinînd seamă acum de aceste expresii ale lui i_b, $R_a i_b$ şi U_b funcţie de U, avem — în definitiv — următoarele relaţii între U_u şi U : pentru $U < b'$:

$$U_u = U - \frac{K_1}{K_1 + R} U - \frac{R_a}{K_1 + R} U = U \left(1 - \frac{K_1 + R_a}{K_1 + R} \right),$$

iar pentru $U > b'$:

$$U_u = U - \alpha - \frac{K_2}{K_2 + R} U + \frac{K_2 \alpha}{K_2 + R} - \frac{R_a}{K_2 + R} U +$$

$$+ \frac{\alpha R_a}{K_2 + R} = U \left(1 - \frac{K_2 + R_a}{K_2 + R} \right) - \alpha \left(1 - \frac{K_2 + R_a}{K_2 + R} \right) =$$

$$= \left(1 - \frac{K_2 + R_a}{K_2 + R} \right) (U - \alpha).$$

Ţinînd seamă de faptul că $R_a < R$ şi $K_2 < K_1$, rezultă că termenul $\frac{K_2 + R_a}{K_2 + R}$ este mai mic decît $\frac{K_1 + R_a}{K_1 + R}$ şi totodată mai mic decît 1.

Analizînd cele două expresii obţinute pentru U_u (corespunzătoare celor două domenii de variaţie a lui U), rezultă următoarea curbă de variaţie a lui U_u funcţie de U (fig. 5) :

— pentru $U < b'$ U_u este o dreaptă ce trece prin origine avînd un coeficient unghiular :

$$m_1 = 1 - \frac{K_1 + R_a}{K_1 + R};$$

pentru $U > b'$, U_u este o dreaptă care are un coeficient unghiular :

$$m_2 = 1 - \frac{K_2 + R_a}{K_2 + R}$$

mai mare decît m_1, dreaptă ce taie axa absciselor (axa lui U) la o depărtare de origine egală cu α.

Parametrii acestei curbe, m_1, m_2, α şi b', sînt determinaţi de valorile rezistenţelor din schemă, precum şi de curba de magnetizare a bobinei cu fier saturabil X_1.

Valoarea b' a tensiunii aplicate U, la care se modifică panta curbei U_u, este de fapt valoarea la care se produce saturarea fierului bobinei (U_{sat}) şi este la releele RD 7 de aproximativ 40 V.

Cu ajutorul curbei $U_u = f(U)$, astfel dedeterminată, şi al condiţiei de pornire găsite $\frac{U_u}{I_s} \leqslant K'$, putem acum stabili diagrama de funcţionare a elementului de pornire :

$$I_s = n_i I$$

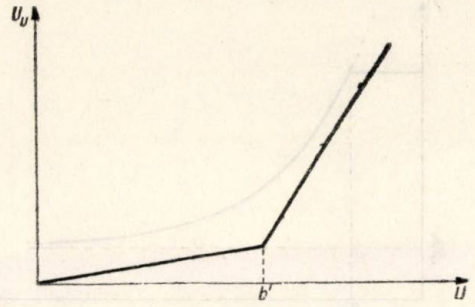


Fig. 5. Variaţia lui U_u cu tensiunea aplicată.

unde n_i este raportul de transformare al transformatorului T_i.

Condiţia de funcţionare este deci : $\frac{U_u}{I} = n_i K'$ şi, notînd $n_i K' = K$, ea devine $\frac{U_u}{I} = K$.

Pentru valori ale tensiunii aplicate $U < U_{sat}$, $U_u = m_1 U$, iar condiţia de pornire este :

$$\frac{m_1 U}{I} = K \text{ sau } U = \frac{K}{m_1} I,$$

sau (exprimată în funcţie de Z) : $Z = \frac{K}{m_1}$.

Pentru valori ale lui $U > U_{sat}$, $U_u = m_2 (U - \alpha)$, iar condiţia de pornire devine :

$$\frac{m_2 (U - \alpha)}{I} = K, \text{ respectiv } U = \frac{K}{m_2} I + \alpha$$

sau (exprimată în funcţie de Z) :

$$Z = \frac{K}{m_2} + \frac{\alpha}{I}.$$

Se observă deci că diagrama căutată $Z = f(I)$ se compune din două părţi : prima este o dreaptă orizontală, iar a doua o hiperbolă ce tinde asimptotic nu la axa absciselor, ci la o axă orizontală de ordonată $\frac{K}{m_2}$.

Din condiţia de pornire exprimată prin tensiune obţinem valoarea I, la care se produce modificarea caracteristicii.

Condiţia $U = \frac{K}{m_1} I$ (căreia îi corespunde $Z = \frac{K}{m_1}$) este valabilă pînă la $U = U_{sat}$, pentru care I este : $I = \frac{m_1}{K} U_{sat}$. Deci punctul de

modificare a curbei de funcționare corespunde lui $I = \frac{m_1}{K} U_{sat}$ (fig. 6).

De fapt, după cum s-a menționat, datorită frecărilor releul nu pornește chiar la tensiune nulă, decît dacă curentul depășește o anumită

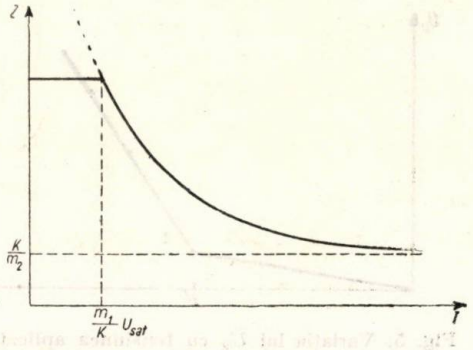


Fig. 6. Diagrama de pornire a protecției $Z = f(I)$.

valoare I_0 necesară învingerii acestora; datorită acestui fapt, domeniul de existență a curbei începe în zona transformării ei în hiperbolă.

Se observă din figura 6 că, spre deosebire de Z_s (fig. 1), a cărei asimptotă orizontală are ordonata zero, curba reprezentînd impedanța de pornire are asimptota orizontală de ordonată $\frac{K}{m_2}$. Deci cele două curbe se întretaie într-un punct (fig. 7). Acest punct de intersecție este în zona curenților mari și în felul acesta, în general, poate fi satisfăcută condiția amintită la început de a avea în domeniul curenților de suprasarcină posibili impedanța de pornire mai mică decît cea de sarcină.

Comportarea organului de pornire a protecției la suprasarcină și defecte se poate apre-

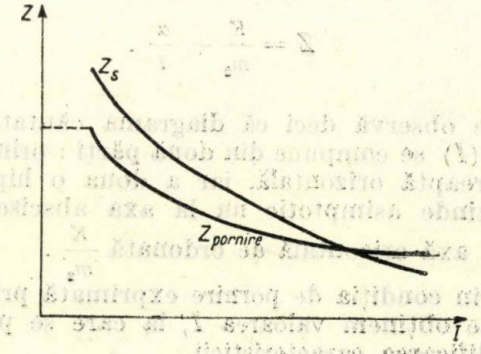


Fig. 7. Pozițiile relative ale curbelor reprezentînd Z_{sarc} și $Z_{pornire}$ funcție de I.

cia și din analiza diagramei $U_{pornire} = f(I)$, aceasta oferind și o reprezentare mai fizică a fenomenelor.

S-a văzut mai sus că pentru $I < \frac{m_1}{K} U_{sat}$, condiția de funcționare este $U = \frac{K}{m_1} I$, iar pentru valori mai mari ale lui I, $U = \frac{K}{m_2} I + \alpha$.

Diagrama de funcționare $U = f(I)$ este compusă din două drepte, după cum se vede în figura 8, forma ei fiind determinată de forma curbei de saturație a bobinei cu fier.

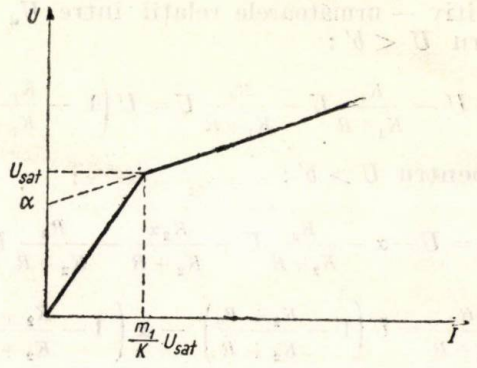


Fig. 8. Diagrama de funcționare $U = f(I)$ a organelor de pornire.

În realitate, după cum se știe, releul pornește numai pentru valori ale lui I mai mari decît o anumită valoare I_0; de asemenea, curba de magnetizare prezintă o racordare largă la unirea celor două porțiuni.

Ținînd seamă de aceste lucruri, diagrama reală de funcționare, $U = f(I)$, este cea din figura 9, unde au fost trecute și valorile reale

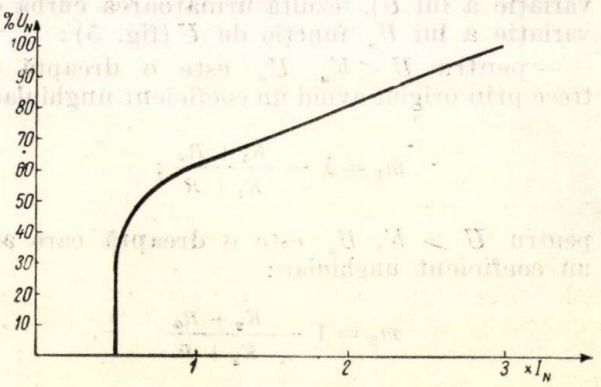


Fig. 9. Diagrama de funcționare a elementului de pornire Q_3.

pentru elementele de pornire Q_3 ale releului RD 7.

Din diagrama din figura 9 se poate înțelege calitatea protecției de a fi mai sensibilă la defecte decît la suprasarcină. La valori mici ale tensiunii (pînă în jurul valorii U_{sat}) pentru pornirea protecției este suficient un curent mic, de ordinul celui necesar și la tensiune nulă, și care la releele Q_3 este de 2,5 A. Aceasta se

explică prin faptul că, fierul bobinei X_1 fiind încă nesaturat, reactanța ei este mare și curentul debitat de „circuitul de tensiune" ce împiedică pornirea protecției este foarte mic. De îndată însă ce tensiunea depășește valoarea U_{sat}, fierul bobinei X_1 se saturează, reactanța ei scade și curentul dat de „circuitul de tensiune" crește mult cu tensiunea; aceasta face să crească în măsură importantă cu tensiunea aplicată și curentul din „circuitul de curent" necesar pentru pornirea protecției, obținîndu-se diagrama din figura 9.

Se vede deci că cu o astfel de diagramă se realizează la tensiuni mici — caracteristice în general defectelor — o sensibilitate mare (sînt necesari curenți de defect mici), iar la tensiuni mari — ce denotă în general absența unui defect — o sensibilitate scăzută (sînt necesari curenți foarte mari pentru pornirea protecției).

Valorile elementelor schemei permit realizarea unor parametri ai curbei de funcționare adaptați nevoilor practice. Astfel, saturarea se produce pentru tensiuni de aproximativ 40% U_N, iar curentul necesar pentru pornirea protecției la tensiunea nominală este, după cum se vede din figura 9, de $3 \times I_N$, valoare care în general nu se atinge în lipsa unui defect în rețea.

Din cele expuse mai sus reiese felul în care funcționează organele de pornire ale protecției *RD* 7, și în special felul în care se realizează distincția între regimul de defect și cel de suprasarcină.

O dată cu dezvoltarea rețelelor însă, pe măsura creșterii lungimilor liniilor și a puterilor transportate prin ele, posibilitățile de folosire a acestui tip de organ de pornire sînt limitate. Într-adevăr, în cazul unor asemenea linii, în special acolo unde în anumite momente ale zilei se funcționează cu tensiuni scăzute, există pericolul ca, în cazul trecerii de scurtă durată (ca urmare a deconectării prin avarie a unor linii sau surse) a unor puteri mari, să se producă funcționarea protecției de distanță.

Acest pericol apare în mod deosebit la liniile lungi, deoarece la acestea, pentru a se asigura o sensibilitate suficientă, impedanța de pornire a protecției trebuie aleasă foarte mare, și ea se poate dovedi mai mare decît valoarea la care scade impedanța măsurată de releu în cazul unor suprasarcini mari provocate de avarii.

De asemenea trebuie ținut seamă și de faptul că astfel de regimuri de suprasarcină mari apar în general ca urmare a unor avarii în sistem, deci cînd protecțiile de distanță au pornit deja și cînd, pentru a reveni în stare de repaus, nu este suficient ca impedanța măsurată să fie mai mare decît impedanța de pornire, ci trebuie să crească mai mult (datorită coeficientului de revenire).

Datorită acestor lucruri, tipul de releu de pornire analizat nu poate fi folosit la liniile lungi și încărcate, și deja de mulți ani s-au adoptat în tehnica protecției prin relee alte soluții, care permit, chiar și în aceste cazuri dificile, atît realizarea unei sensibilități mari la defecte cît și transportarea unor puteri mari.

Diagrama de funcționare în planul Z a elementului de pornire descris pînă aci este — după cum se știe — un cerc cu centrul în originea axelor (fig. 10), raza sa fiind constantă pînă la o anumită valoare a lui I și apoi variabilă cu acesta.

Fig. 10. Diagrama de funcționare în planul Z a releelor de impedanță pură.

Aceasta este diagrama de funcționare a așanumitului releu de impedanță (admitanță) cu simbolul $Z\,(Y)$*.

Majoritatea soluțiilor folosite în tehnică pentru realizarea simultană a sensibilității și capacității mari de transport constă în deplasarea diagramei circulare sau modificarea ei (într-o altă formă decît circulară), astfel încît impedanța de pornire Z să fie dependentă de unghiul φ al acesteia.

Astfel, de exemplu, diagrama elementelor de pornire a releelor D 110, de producție cehoslovacă (Krizik), este tot un cerc, dar al cărui centru nu se găsește în origine, ci deplasat pe o dreaptă care face un unghi de 60° cu axa

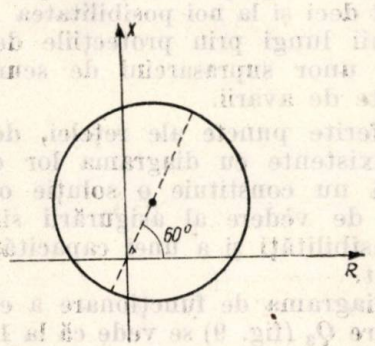


Fig. 11. Diagrama de funcționare a elementelor de pornire ale releului D 110 (Krizik).

R (fig. 11). Aceasta este diagrama așa-numitului releu de impedanță (admitanță) generalizată, cu simbolul $Z_g\,(Y_g)$. *

* Denumirile diferitelor tipuri de relee de distanță sînt conforme cu propunerile din articolul conf. ing. *C. Mihăileanu*: „O metodă de prezentare unitară a releelor de distanță și direcționale", din Energetica **9**, 1/1961, p. 1—14.

În Uniunea Sovietică se folosesc relee avînd diagrama de funcționare în formă de elipsă, sau avînd alte forme, apropiate de parabolă sau hiperbolă.

În toate aceste soluții se realizează o sensibilitate mai mare a protecției pentru valori ale unghiului φ în jurul valorii unghiului de

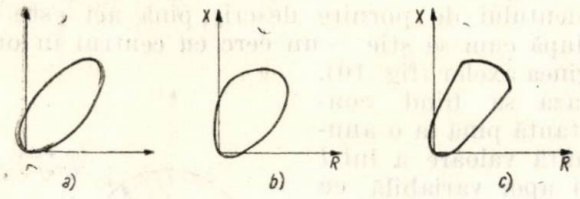


Fig. 12. Diagrama de funcționare a elementelor de pornire folosite în Uniunea Sovietică :
a — diagramă de tip elipsă; *b* — diagramă de tip oval; *c* — diagramă asemănătoare cu parabola.

scurtcircuit al liniei și o sensibilitate foarte redusă pentru unghiuri mici ale impedanței măsurate, adică pentru regimurile de sarcină. În felul acesta se obține deci o capacitate de transport mare, simultan cu o sensibilitate mare la defecte.

O altă soluție, larg răspîndită în Uniunea Sovietică, este aceea de a se folosi un organ de pornire foarte sensibil, dar care este blocat atîta timp cît curentul în linie nu conține componente inverse. În realizarea acestei soluții s-a pornit de la ideea că defectele perfect simetrice sînt extrem de rare, fapt confirmat și de practică.

După cum se știe, la noi în țară marea majoritate a releelor de distanță sînt de tipul RD 7. O dată cu buclarea intensă a rețelelor și a instalării unor grupuri de mare putere unitară a apărut deci și la noi posibilitatea declanșării unor linii lungi prin protecțiile de distanță, datorită unor suprasarcini de scurtă durată provocate de avarii.

În diferite puncte ale rețelei, deci, releele RD 7 existente cu diagrama lor de pornire circulară nu constituie o soluție optimă din punctul de vedere al asigurării simultane a unei sensibilități și a unei capacități mari de transport.

Din diagrama de funcționare a elementului de pornire Q_3 (fig. 9) se vede că la 100 V (deci la 110 kV tensiune primară) releul pornește la $3I_N$; se pare deci că este admisibilă o suprasarcină mare. Dacă ținem însă seamă de coeficientul de siguranță necesar de 20%, de coeficientul de revenire de 0,8, precum și de faptul că mai ales în momente de avarie tensiunea poate să ajungă la 90% din valoarea nominală, rezultă că pentru a nu funcționa protecția curentul prin linie trebuie să nu depășească $1{,}63I_N$.

Este ușor de observat deci că releul nu mai este satisfăcător nici în cazul obișnuit al unei linii cu dublu circuit, pentru că la căderea unui circuit datorită unui defect ar fi deconectat și al doilea, datorită suprasarcinii.

A apărut deci necesitatea înlocuirii releelor RD 7 prin relee mai perfecționate, ceea ce însă duce la modificări costisitoare și dificile în

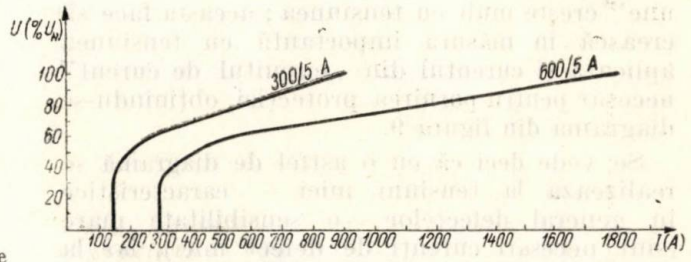


Fig. 13. Diagramele de funcționare a elementului Q_3 alimentat de la reductoare de tensiune de 110 000/100V și de la reductoare de intensitate de 300/5A (*a*) și 600/5A (*b*).

camerele de comandă ale stațiilor respective și reclamă un timp mare pentru realizarea acestor schimbări. Pornind de la aceste considerente, s-au căutat alte soluții.

Prima rezolvare care s-a dat acestei probleme a fost schimbarea reductoarelor de intensitate în locurile în care exista pericolul declanșării la suprasarcină prin altele de raport mai mare. Datorită acestei schimbări, funcționarea protecției se produce la curenți primari mai mari, și deci puterea ce se poate transporta crește. În figura 13 sînt arătate diagramele de pornire ale unei aceleiași protecții (avînd caracteristica din fig. 9), la care se folosesc reductoare de 300/5 și respectiv de 600/5 A.

Din figura 13 se observă că prin schimbarea reductoarelor se mărește într-adevăr mult (se dublează practic) capacitatea de transport, dar totodată se micșorează mult sensibilitatea. De asemenea, montarea unor reductoare de intensitate de 600/5A pe o linie pe care în condiții obișnuite curentul nu depășește 300 A este o soluție nerațională și neeconomică.

Pornind de la aceste considerente, am căutat o posibilitate de modificare a diagramei de funcționare $U = f(I)$, dar nu prin schimbarea reductoarelor de intensitate, ci prin modificări adecvate ale constantelor elementului de pornire.

Din analiza schemei elementului de pornire Q_3 și a funcționării acesteia, prezentată la început, rezultă și mijloacele prin care se poate obține o schimbare a caracteristicii de lucru.

După cum se vede din schema de principiu din figura 2, elementele reglabile sînt rezistențele R_i și R_s, modificarea acesteia din urmă influențînd însă mai puțin funcționarea — dat fiind că este înseriată cu alte rezistențe de același ordin de mărime.

Modificarea rezistenței R_i însă influențează într-o măsură importantă funcționarea — dat fiind că este montată în paralel cu releul RP.

Prin modificarea rezistenței R_i se obține modificarea coeficientului K_i și deci a coeficientului K:

$$\left(K_i = \frac{R_i R_m}{R_i R_m + R_i R \alpha + R_m R_\alpha}, \text{ iar } K = \frac{K_i}{K_u} \right).$$

Cum K_1 și K_2, care sînt determinați de curba de saturație a bobinei X_1, nu se modifică, și deci nici m_1 și m_2, rezultă că în caracteristica $U = f(I)$ a organului de pornire (fig. 8) se produc următoarele modificări:

— în prima parte a curbei $\left(U = \frac{K}{m_1} I\right)$ se va modifica coeficientul unghiular;

— în a doua parte a curbei $\left(U = \frac{K}{m_2} I + \alpha\right)$ se va modifica de asemenea doar coeficientul unghiular, ordonata originii rămînînd aceeași;

— punctul de racordare a celor două porțiuni de dreaptă se deplasează, dar numai pe orizontală, deoarece $U_{sat} = b' = (K_1 + R)\,a$ nu se modifică; abscisa punctului de racordare însă $\left(\frac{m_1}{K} U_{sat}\right)$ se modifică.

În concluzie, prin varierea rezistenței R_i se poate obține pentru elementul de pornire Q_3 o familie de caracteristici de funcționare (fig.14) care au comune: ordonata originii părții a doua a caracteristicii (α) și ordonata punctului de modificare a acesteia (U_s).

Măsurătorile efectuate asupra unui releu Q_3 (pentru diverse poziții ale cursorului rezistenței R_i) au confirmat aceste concluzii care sînt evidente, cu toată racordarea largă a curbelor, după cum se vede din figura 15, unde sînt date curbele rezultate din aceste măsurători.

Fizic, modificarea caracteristicii se explică prin faptul că prin varierea lui R_i variază parfelul acesta se explică și modificarea curentului minim de funcționare (la tensiune nulă).

Deci, prin modificarea rezistenței R_i se pot obține diferite caracteristici de funcționare, ca

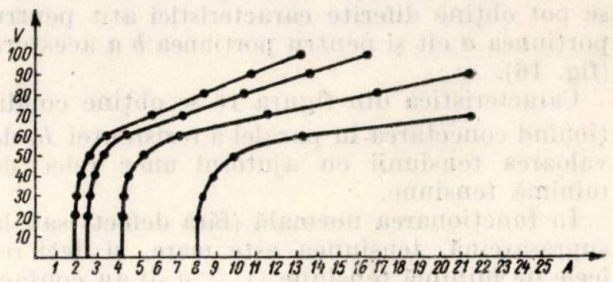


Fig. 15. Curbe de funcționare obținute la un releu Q_3 pentru diferite poziții ale cursorului rezistenței R_i.

și prin schimbarea reductoarelor de intensitate, dar cu același dezavantaj al micșorării sensibilității.

Ținîndu-se seamă de aceste posibilități de modificare a caracteristicii de funcționare, s-a căutat rezolvarea problemei asigurării unei capacități mari de transport fără a se înrăutăți sensibilitatea, pornindu-se de la ideea folosirii valorii tensiunii drept criteriu al diferențierii între defect și suprasarcină.

Mai precis, am căutat realizarea unui releu cu două caracteristici de funcționare, dintre care una mai sensibilă pentru valori mici ale tensiunii (deci la defecte) și una mai puțin sensibilă la valori mai mari ale tensiunii (deci la suprasarcină), după cum se arată în figura 16.

Schema de principiu folosită pentru obținerea unei asemenea caracteristici este arătată în figura 17, unde este indicat montajul pentru toate trei fazele.

Întrucît cu o singură rezistență R_i nu se pot realiza două caracteristici diferite, am montat

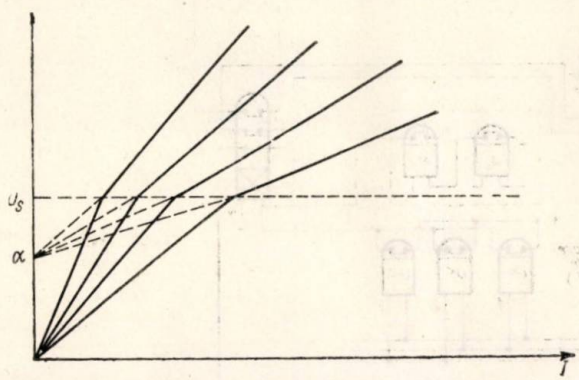


Fig. 14. Familia de caracteristici de funcționare ce se poate obține prin varierea rezistenței R_i.

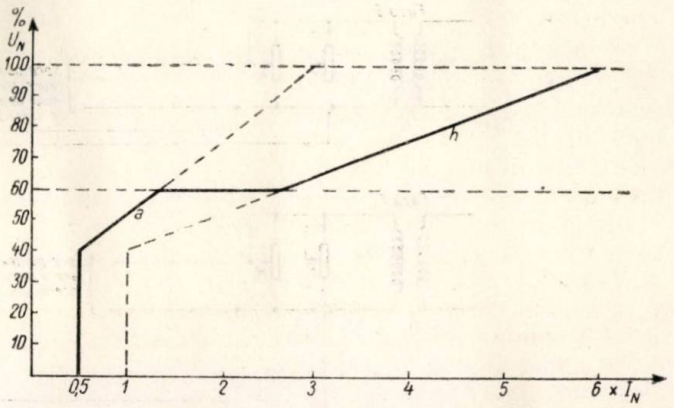


Fig. 16. Caracteristica de pornire cu două sensibilități.

tea din curentul total ce parcurge releul, și deci caracteristica de funcționare (care este constantă în raport cu curentul ce trece prin releu) va varia în raport cu curentul total. Tot în

în paralel cu rezistența originală R_i (printr-un contact al unui releu) un al doilea reostat reglabil, R_i'. Cînd ambele rezistențe sînt în circuit, se obține evident o caracteristică de sensi-

bilitate mai mică (o parte mai mică a curentului total trece prin releul RP); cînd rămîne în circuit doar rezistența originală R_i, se realizează sensibilitatea inițială a protecției.

Ambele rezistențe sînt reglabile astfel încît se pot obține diferite caracteristici atît pentru porțiunea *a* cît și pentru porțiunea *b* a acestora (fig. 16).

Caracteristica din figura 16 se obține condiționînd conectarea în paralel a rezistenței R_i' de valoarea tensiunii cu ajutorul unor relee de minimă tensiune.

În funcționarea normală (fără defect) sau la suprasarcină, tensiunea este mare, și deci releele de minimă tensiune (*1*, *2* și *3*) au contactele deschise și nu se produce excitarea releului *4* intermediar. Releul *4* nefiind excitat, prin contactele normale închise ale acestuia se realizează legarea în paralel a rezistențelor R_i' și R_i, și deci desensibilizarea protecției care va funcționa pe porțiunea *b* a caracteristicii.

La producerea unui defect tensiunea scade, releele *1*, *2* sau *3* își închid contactele și excită releul *4*; rezistențele R_i' sînt deconectate, și aceasta duce la mărirea sensibilității, protecția funcționînd pe porțiunea *a* a caracteristicii (fig. 16).

După cum se vede din schema din figura 17, în afara releelor de minimă tensiune a fost prevăzut în schemă și un releu care comandă sensibilizarea protecției la defecte care, după cum se știe, sînt în marea lor majoritate însoțite de curent homopolar. Pentru realizarea acestei scheme au fost necesare doar releele de minimă tensiune *1*, *2* și *3* și releul intermediar *4*. Releele A_0 și M_2 sînt relee existente în dispozitivul Q_3 și s-a folosit un contact liber la M_2.

În realizarea practică a schemei din fig. 17, care constituie de fapt o completare a releului Q_3, s-a căutat ca modificările de legături și legăturile suplimentare pe panouri să fie minime.

Releul intermediar *4* și cele trei rezistențe suplimentare R_i' s-au amplasat chiar în interiorul cutiei releului Q_3 pe o piesă special executată, care s-a introdus aici; în felul acesta a fost necesară executarea doar a unei singure legături noi de la elementul Q_3 spre exterior — cea între contactele legate în paralel ale releelor de minimă tensiune și bobina releului intermediar *4*. Pe panoul de protecție au trebuit să fie montate în plus doar releele de minimă tensiune *1*, *2* și *3*.

Soluția prezentată în acest articol a fost realizată pe una dintre liniile importante de 110 kV, la care se punea problema măririi puterii transportabile cu păstrarea sensibilității și care se comportă bine în exploatare. Ea este de asemenea în curs de realizare și pe alte linii unde a apărut această necesitate și unde prin calcul s-a verificat eficiența ei.

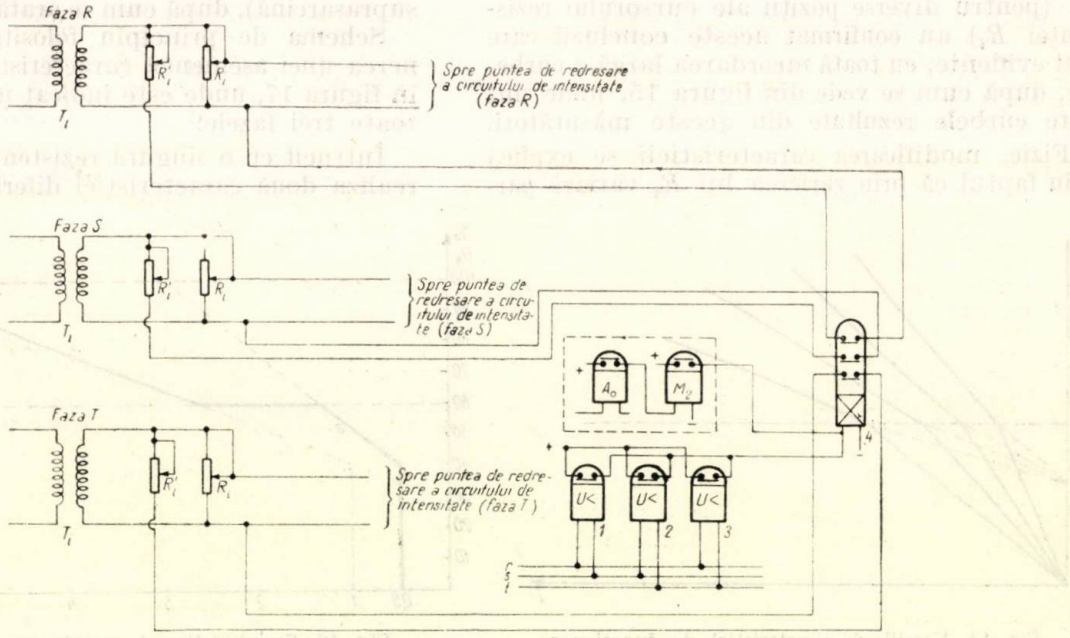


Fig. 17. Schema de principiu a soluției folosite pentru obținerea caracteristicii de pornire cu două sensibilități.

bilizarea protecției la apariția curentului homopolar, chiar dacă tensiunea este ridicată. În felul acesta se obține o siguranță mărită a

Această verificare se face pe baza calculului tensiunii minime în regim de suprasarcină și al tensiunii maxime de defect, între care tre-

buie să existe diferență destul de mare pentru ca să se poată face în mod sigur, cu ajutorul releelor de tensiune, distincția între regimul de defect și cel de suprasarcină.

Ținînd seamă de caracteristicile releelor folosite și de coeficienții de siguranță adoptați în general, se poate stabili de la început care este relația ce trebuie să existe între tensiunea minimă de suprasarcină și cea maximă la defect pe linia protejată (sau pe elementul următor pentru care protecția dată constituie o rezervă) pentru ca soluția să se poată aplica.

Astfel, pentru ca releele de minimă tensiune să-și închidă contactele la apariția unui defect în zona protejată, trebuie satisfăcută condiția :

$$U_{def}^{MAX} \leqslant \frac{U_{regl}}{K_{sig}},$$

unde :

U_{def}^{MAX} este tensiunea maximă ce poate apărea în locul unde este instalată protecția pentru un defect în zona protejată ;

U_{regl} — valoarea reglată la releele de minimă tensiune (la care acestea își închid contactele) ;

K_{sig} — coeficientul de siguranță adoptat, de regulă 1,2.

Releele de minimă tensiune, închizîndu-și contactele la o tensiune egală cu U_{regl}, și-le deschid la o valoare mai mare, și anume la $K_{rev} U_{regl}$, unde K_{rev} este coeficientul de revenire a releelor, diferit după tipul constructiv al acestora, și egal pentru releele folosite la noi cu $\sim 1{,}25$.

Pentru ca, într-un regim de suprasarcină pe linia protejată, cu tensiuni scăzute, să se producă sigur deschiderea contactelor releelor de tensiune (regimul de suprasarcină poate apărea după un defect cînd tensiunea a fost mai scăzută) trebuie satisfăcută condiția :

$$U_{s.\,sarc}^{MIN} \geqslant K_{sig} K_{rev} U_{regl},$$

unde :

$U_{s.\,sarc}^{MIN}$ este tensiunea minimă ce poate apărea în locul unde este instalată protecția într-un regim de suprasarcină pe linia protejată.

Reglajul releelor de maximă tensiune trebuie să satisfacă simultan aceste două condiții. Deci :

$$K_{sig} U_{def}^{MAX} \leqslant U_{regl} \leqslant \frac{U_{s.\,sarc}^{MIN}}{K_{sig} K_{rev}}.$$

Din cele două condiții menționate :

$$U_{s.\,sarc}^{MIN} \geqslant K_{sig} K_{rev} U_{regl} \text{ și } U_{def}^{MAX} \leqslant \frac{U_{regl}}{K_{sig}}$$

și cu folosirea valorilor uzuale $K_{sig} = 1{,}2$ și $K_{rev} = 1{,}25$, rezultă că pentru a se putea folosi soluția trebuie satisfăcută condiția :

$$\frac{U_{s.\,sarc}^{MIN}}{U_{def}^{MAX}} \geqslant K_{sig}^2 K_{rev},$$

adică :

$$\frac{U_{s.\,sarc}^{MIN}}{U_{def}^{MAX}} \geqslant 1{,}8.$$

Deci la toate liniile unui sistem energetic la care această condiție este satisfăcută se poate folosi soluția. Menționăm însă că uneori soluția poate fi aplicată chiar dacă raportul $\frac{U_{s.\,sarc}^{MIN}}{U_{def}^{MAX}} < 1{,}8$.

În asemenea situații trebuie ales reglajul după a doua condiție ($U_{s.\,sarc}^{MIN} \geqslant K_{sig} K_{rev} U_{regl}$) și determinată sensibilitatea protecției în cazul cînd ea ar lucra chiar la defecte pe porțiunea desensibilizată (b) a caracteristicii.

Dacă această sensibilitate este satisfăcătoare, soluția se poate aplica. În general, această sensibilitate este corespunzătoare, dat fiind că, atunci cînd tensiunea în regimul de defect este mare, aceasta se datorește unui curent de scurtcircuit foarte mare, pentru care și caracteristica b este satisfăcătoare.

În concluzie se poate spune, deci, că soluția adoptată are un larg domeniu de aplicare, lucru confirmat de altfel de calcule.

Menționăm în încheiere că o altă posibilitate de folosire a protecției cu două caracteristici de funcționare este aceea a alegerii drept criteriu pentru comutarea acestora a unghiului dintre tensiune și curent (criteriu folosit în alte scheme de protecție).

Această soluție ar diferi de prima doar prin înlocuirea releelor de tensiune minimă prin relee direcționale. Ea nu a fost adoptată la noi dat fiind că prima soluție s-a dovedit corespunzătoare.

Aspecte tehnico-economice noi în proiectarea şi exploatarea instalaţiilor de iluminat electric exterior

II

*WALTER SCHAPIRA** — Bucureşti

1. Consideraţii generale

În prima parte a acestui articol s-au descris realizările moderne şi tendinţele de dezvoltare în domeniul surselor luminoase folosite în iluminatul exterior. Această parte a lucrării se va ocupa atît de tendinţele noi în construcţia corpurilor folosite pentru iluminatul străzilor cît şi de cîteva aspecte privind proiectarea şi exploatarea instalaţiilor de iluminat public.

Calitatea unei instalaţii pentru iluminatul străzilor poate fi considerată numai atunci ca satisfăcătoare cînd ea corespunde necesităţilor tuturor acelora care folosesc strada. Aceste necesităţi ale diverselor grupuri de „beneficiari" sînt însă diferite şi uneori contradictorii. Astfel, conducătorul de vehicule are nevoie de un nivel ridicat de iluminare şi strălucire cît mai uniformă pe partea carosabilă a străzii pentru a putea distinge uşor obstacolele care-i stau în cale ; în contradicţie cu el este însă uneori — pe anumite categorii de străzi — lucrătorul din comerţ şi proiectantul de reclame luminoase, ale căror instalaţii pot influenţa nefavorabil iluminatul părţii carosabile creînd pete luminoase, lumini pîlpîitoare, zone de mare strălucire etc.

Pe de altă parte, pietonul cere, şi pe bună dreptate, o corectă iluminare a trotuarului pentru a-şi putea identifica eventualii cunoscuţi întîlniţi, pentru a citi cu uşurinţă denumirile străzilor şi numerele caselor, în sfîrşit pentru a se orienta cu aproximativ aceeaşi uşurinţă ca şi ziua. Toate aceste necesităţi, care se cer neapărat satisfăcute, trebuie să ţină seamă însă şi de acei care, prin natura ocupaţiilor lor, sînt legaţi de estetică şi urbanism şi care uneori, pentru a încadra instalaţia în ansamblul arhitectonic din care face parte, impun anumite restricţii constructive.

Condiţiile de mai sus trebuie coordonate cu posibilităţile financiare ce stau la dispoziţie pentru execuţia lucrărilor, urmărindu-se totodată realizarea unor indici economici cît mai favorabili.

În tabela 1 s-a încercat să se prezinte într-o formă sintetică calităţile pe care trebuie să le posede o instalaţie de iluminat public, arătîndu-se totodată care sînt factorii ce contribuie la realizarea lor şi în ce măsură aceste calităţi interesează diferitele categorii de cetăţeni (grupaţi după ocupaţii) ce folosesc strada. După cum se vede din tabelă, importanţa acestor caracteristici variază în funcţie de categoria străzii, iar practica de proiectare a arătat că realizarea lor integrală este de multe ori destul de grea.

Din aceste considerente cît şi, îndeosebi, din motive economice se urmăreşte la proiectarea instalaţiilor pentru iluminatul străzilor satisfacerea, în primul rînd, a categoriei celei mai numeroase de cetăţeni ce folosesc strada. Astfel, pe arterele de circulaţie intensă se va ţine seamă îndeosebi de iluminatul părţii carosabile, spre deosebire de ex. de străzile cu trafic redus (clasa 5,6), unde trebuie bine iluminate trotuarele şi intersecţiile etc.

2. Prescripţii pentru iluminatul străzilor

Normele de iluminare actualmente în vigoare în diferite ţări încearcă să ţină seamă de cele mai importante caracteristici luminotehnice pe care trebuie să le posede o instalaţie de iluminat public.

În acest scop au fost editate în 1961 în R.P.R., de către M.M.E.E. — D.E.E., noi prescripţii pentru iluminatul străzilor (Prescripţia nr. 23/61) [1]. Caracteristica esenţială a acestor prescripţii este aceea că ele recomandă limitele inferioare ale iluminării medii care trebuie realizată pe străzile de diferite categorii. Totodată, în aceste prescripţii se prevede şi gradul de uniformitate pe care trebuie să le posede iluminarea realizată.

Pentru mai multă precizie, valorile iluminării prevăzute în aceste prescripţii sînt indicate în funcţie de culoarea acoperămîntului, recomandîndu-se în general ca o stradă cu acoperămînt de culoare închisă să aibă o iluminare dublă faţă de o stradă cu acoperămînt de culoare deschisă.

Spre ilustrare se prezintă în tabela 2 iluminările recomandate în aceste prescripţii. După cum se vede din tabelă, prescripţia indică cu totul orientativ şi schema în care ar trebui amplasate sursele luminoase pentru realizarea iluminării necesare ; totodată ele permit proiectantului să mărească nivelul de iluminare cu 50% faţă de cele prevăzute în tabela 2 pentru străzile de importanţă deosebită ; în acest fel sînt legiferate la noi iluminări medii de peste 20 lx.

Trebuie menţionată şi o altă caracteristică a acestei prescripţii, şi anume faptul că ea permite, pentru cazuri bine justificate, trecerea unei străzi dintr-o clasă într-alta, imediat superioară, ceea ce conduce la posibilitatea ridicării nivelului de iluminare ce urmează a se proiecta pe această arteră.

Valorile prevăzute în noua ediţie a Prescripţiei nr. 23/61 sînt în linii mari la nivelul valorilor prevăzute în diferitele prescripţii similare folosite în alte ţări.

Spre ilustrare se arată în tabelele 3 şi 4 iluminările minime recomandate de prescripţiile sovietice care au intrat în vigoare la 14.I.1958 [2].

Normele pentru iluminatul străzilor folosite în R.F.G. şi care recomandă valoarea medie a iluminării orizontale sînt arătate în tabela 5.

Normele franceze sînt întocmite pe aproximativ aceleaşi principii ca şi cele germane, cu singura deosebire că valorile iluminărilor sînt mult mai ridicate. Ele sînt arătate în tabela 6 [4].

Pentru comparaţia diverselor norme europene cu practica americană se arată în tabela 7 valorile iluminărilor medii prevăzute în prescripţiile din S.U.A. [19]. Aceste valori sînt prevăzute pentru un acoperămînt al străzii cu factor de reflecţie $\rho = 10\%$. La un factor de reflecţie mai mare de 10%, valoarea iluminărilor poate fi micşorată cu circa 25%. Normele din S.U.A. permit, de asemenea, mărirea nivelelor de iluminare recomandate în cazul în care întreţinerea instalaţiilor de iluminat este la un nivel calitativ scăzut.

Pentru o comparaţie a diferitelor norme s-a întocmit tabela 8, în care se arată care ar fi valorile medii recomandate în diferite ţări pentru trei categorii de străzi principale. După cum se vede, valorile tuturor normelor analizate variază în limite relativ restrînse.

3. Corpurile de iluminat utilizate pentru iluminatul străzilor

3.1. *Clasificarea corpurilor de iluminat*

Pentru iluminatul străzilor, în special, şi pentru iluminatul exterior, în general, sînt utilizate numeroase tipuri, din ce în ce mai perfecţionate şi interesante, de corpuri de iluminat.

Clasificarea corpurilor de iluminat se poate face după numeroase criterii, ca : distribuţia fluxului luminos, felul de montaj, tipul corpului de iluminat (închis sau deschis), forma exterioară etc. Din punct de vedere al iluminatului exterior interesează îndeosebi primele trei dintre criteriile arătate.

* W. Schapira este inginer la I.R.E.B.

Tabela 1

Caracteristicile principale ale unei instalații pentru iluminatul străzilor

Caracteristicile pe care trebuie să le posede o instalație de iluminat public calitativ (o espunzătoare		Ce caracteristici trebuie să posede o instalație de iluminat de pe:					Necesitățile principale ale celor care utilizează arterele de circulație sau contribuie la realizarea instalațiilor de iluminat				
		străzi centrale (principale) din orașe mari	străzi centrale cu trafic mediu	străzi secundare în zone cu trafic redus	șosele (autostrăzi)	artere urbane de circulație intensă	conducători de vehicule	pietoni	cadre tehnice de specialitate		
		Încadrarea străzilor de mai sus în clasele prevăzute în Prescripția nr. 23–61, ed. II, tabela 1							proiectanți	personal de exploatare	specialiști în probleme de urbanistică și iluminat
		1,2 și ev. 3	3,4	5,6	1	1 și 2					
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Luminotehnice	— Vizibilitate bună pe partea carosabilă	×××	××	×	×××	×××	×××	×	×××	×	×××
	— Iluminare uniformă	×××	××	×	×××	×××	×××	×	×××	×	×××
	— Strălucirea să fie în limite admisibile	×××	××	×	×××	×××	×××	×	×××	×	×××
	— Lipsă de efecte de orbire	×××	××	×	×××	×××	×××	×	×××	×	×××
	— Să se distingă ușor de pe carosabil: bordurile trotuarelor, șinele de tramvai, încrucișările etc.	×××	×××	××	×××	×××	×××	×	×××	×	×××
	— Să se distingă ușor de pe trotuar: inscripțiile de pe case sau uși, copaci, borduri, garduri etc.	—	×	×××	—	×	×	×××	××	×	××
Estetice	— Aspect de zi plăcut	×××	××	×	×	×	—	××	×××	×	×××
	— Nivel de iluminare suficient	×××	×××	×	×	×	×	××	×××	×	×××
	— Să scoată în evidență caracteristicile clădirilor	×××	××	×	×	×	—	××	××	×	×××
	— Nu se modifică esențial aspectul oamenilor	×××	×××	×	×	×	—	××	××	××	××
Economice	— Cheltuieli reduse de investiții	×××	×××	×××	×××	×××	—	—	×××	×××	×××
	— Cheltuieli reduse de exploatare	××	××	×××	××	××	—	—	×××	×××	×××
De exploatare	— Siguranță în funcționare	×××	××	×	×××	×××	×××	××	×××	×××	×××
	— Necesită întreținere redusă	×××	××	×	×××	×××	×	—	×××	×××	×××
	— Exploatare ușoară	×××	××	×	×××	×××	—	—	×××	×××	×××
	— Siguranța funcționării comenzii centralizate	×××	××	×	×××	×××	×××	×	××	×××	×××

Legendă: ××× – foarte important; ×× – important; × – de importanță redusă; — fără importanță.

Tabela 2

Nivelele de iluminare recomandate de Prescripția nr. 23—61

Clasa străzii	Caracteristicile străzilor	Nivelul de iluminare necesar	Schema recomandată a surselor luminoase		Iluminarea medie recomandată (lx)		Coeficient de uniformitate	
			$b > h$	$b < h$	Acoperămîntul străzii fiind de culoare		$K_1 = \frac{E_{min}}{E_{med}}$	$K_2 = \frac{E_{min}}{E_{max}}$
					deschisă	închisă		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Străzi centrale (principale) în orașele din grupa I, străzi cu trafic intens (peste 1000 vehicule pe oră și sens) sau piețe importante	Intens	Pe ambele părți în zig-zag sau față în față (dacă artera este foarte largă)	Pe ambele părți în zig-zag	8	15	1 : 3	1 : 6
2	Străzi centrale (principale) din orașele din grupa II, cum și străzile situate în zonele de clădiri cu mai multe etaje, cu un număr mare de instituții, magazine etc., în orașele din grupele I și II, ca și străzi cu circulație importantă (circa 500 vehicule pe oră și sens)	Ridicat	Pe ambele părți în zig-zag sau față în în față (dacă artera este foarte largă)	Pe ambele părți în zig-zag sau pe o singură parte	5	10	1 : 3	1 : 6
3	Străzi centrale (principale) din orașele din grupa III, cum și străzile în zonele cu construcții mixte în care predomină cele cu mai multe etaje în orașele din grupele I și II, ca și străzi cu circulație medie	Mediu	Pe ambele părți în zig-zag	Pe ambele părți în zig-zag sau pe o singură parte	4	8	1 : 3	1 : 6
4	Străzi comerciale fără circulație mare de vehicule, însă cu circulație intensă de pietoni	Mediu	Pe ambele părți în zig-zag sau față în față (dacă artera este foarte largă)	Pe ambele părți în zig-zag sau pe o singură parte	3	6	1 : 3	1 : 6
5	Străzi cu trafic redus	Redus	Pe ambele părți în zig-zag sau față în față	Pe o singură parte	2	5	1 : 4	1 : 8
6	Străzi cu treceri în zonele de construcții cu puține etaje	Slab	Pe o singură parte	Pe o singură parte	1	2	1 : 4	1 : 8

Observații : 1. În cele de mai sus s-au notat cu : b — lărgimea părții carosabile a străzii (m) ; h — înălțimea de suspensie a corpului de iluminat (m).

2. Pentru cazuri bine justificate, o stradă dintr-o clasă poate fi trecută în clasa imediat superioară ; pentru arterele de deosebită importanță încadrate în clasa I, nivelul de iluminare se va ridica cu cel puțin 50%.

3. Prin acoperămînt de culoare deschisă se înțeleg acele materiale care au un coeficient de reflecție mai mare de 0,15 : materialele avînd coeficientul de reflecție mai mic de 0,15 sînt considerate drept închise. Ca indicative se pot da următoarele valori ale coeficienților de reflecție :

— ciment — beton	0,20 — 0,35	— asfalt	0,08 — 0,15
— piatră de granit	0,20 — 0,25	— asfalt negru	0,05 — 0,08
— bitum	0,10 — 0,20		

4. În toate cazurile în care iluminatul a fost prevăzut pe o singură parte se poate utiliza și iluminatul pe suspensii axiale, mai ales pe străzile cu plantații bogate.

Tabela 3

Normele de iluminare a părţii carosabile a străzilor, intersecţiilor şi pieţelor recomandate de prescripţiile sovietice din 1958

Caracteristica străzilor	Iluminarea orizontală minimă pe porţiunea carosabilă (lx) în oraşele de categoria			
	I	II	III	IV
Străzi principale				
— centrale	4,0	2,0	1,0	0,5
— periferice	2,0	1,0	0,5	0,5
Străzi de importanţă locală				
— în zonele cu clădiri cu mai multe etaje	1,0	1,0	0,5	0,5
— în zonele cu clădiri cu puţine etaje	0,5	0,5	0,2	0,2

Tabela 4

Normele de iluminare a părţii carosabile a străzilor, intersecţiilor şi pieţelor în funcţie de intensitatea circulaţiei, recomandate de prescripţiile sovietice din 1958

Numărul maxim de vehicule ce trec pe oră pe stradă	Iluminarea orizontală minimă a părţii carosabile
Peste 3 000	6,0
De la 2 000 la 3 000	4,0
De la 500 la 2 000	2,0
De la 200 la 500	0,5
Pînă la 200	0,2

Tabela 5

Valorile iluminărilor recomandate de normele din R.F.G.

Tipul străzii	Valoarea recomandată a iluminării medii (E_m), acoperământul străzii fiind de culoare		Valorile minime ale factorului de uniformitate	
	deschisă (lx)	închisă (lx)	$g_1 = \frac{E_{min}}{E_m}$	$g_2 = \frac{E_{min}}{E_{max}}$
Străzi centrale cu circulaţie intensă cu circa 1 000 vehicule pe oră şi sens	8	16	1 : 3	1 : 6
Străzi cu circa 500 vehicule pe oră şi sens	6	12	1 : 3	1 : 3
Derivaţii din autostrăzi care duc spre oraşe	4	8	1 : 4	1 : 8
Străzi comerciale fără circulaţie intensă de vehicule, însă cu circulaţie intensă de pietoni	3	6	1 : 4	1 : 8
Străzi cu circulaţie medie	2	4	1 : 4	1 : 8
Străzi cu circulaţie redusă	0,5	1	—	—

Din punct de vedere al distribuţiei fluxului luminos, corpurile de iluminat se împart în două mari categorii :

— corpuri de iluminat cu distribuţie simetrică a fluxului luminos ;

— corpuri de iluminat cu distribuţie asimetrică a fluxului luminos.

O clasificare interesantă a corpurilor de iluminat simetrice a fost propusă de L.D. Belkind şi este în prezent utilizată în U.R.S.S. [5]. Ea se bazează pe repartizarea fluxului luminos în spaţiu şi este arătată în tabela 9.

Tabela 6

Normele franceze pentru iluminarea străzilor

Clasa străzilor	Valoarea recomandată a iluminării medii		Valoarea minimă a coeficientului de uniformitate
	acoperământ de culoare deschisă	acoperământ de culoare închisă	
I			
Străzi cu circulaţie intensă, străzi comerciale, străzi şi pieţe de importanţă deosebită	15	30	0,3 — 0,5
II			
Străzi cu circulaţie intensă	8	15	0,25 — 0,35
III			
Străzi cu circulaţie medie	4	8	0,15 — 0,25
IV			
Străzi cu circulaţie redusă	2	5	0,15
Străzi cu circulaţie slabă	1	2	0,1 — 0,15

Tabela 7

Valorile iluminărilor orizontale recomandate pentru străzile din S.U.A.

Circulaţie de pietoni	Circulaţie de vehicule*			
	foarte slabă : mai puţin de 15 vehicule/oră	slabă : 150 — 500 vehicule/oră	medie : 500 — 1200 vehicule/oră	intensă : peste 1200 vehicule/oră
Puternică	6	8	10	12
Medie	4	6	8	10
Slabă	2	4	6	8

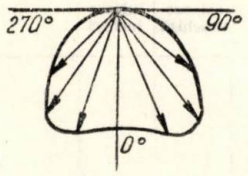
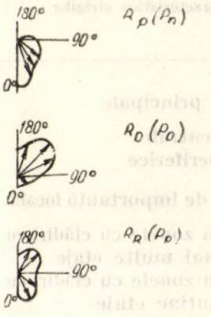
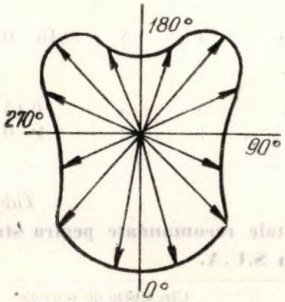
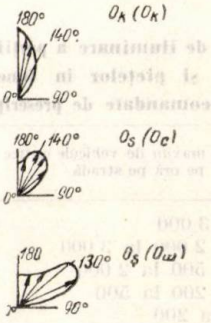
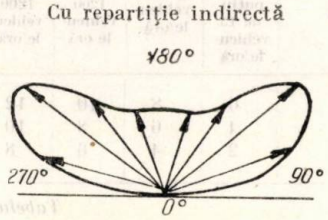
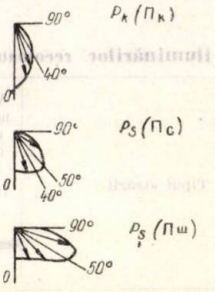
Tabela 8

Tabelă sintetică a iluminărilor medii prevăzute în normele din diferite ţări

	Normele din					Observaţii
	R.P.R.	U.R.S.S.	R.F.G.	Franţa	S.U.A.	
Străzi principale sau cu trafic intens (peste 1 000 vehicule/oră şi sens)	15	12(1) 18(2)	16	30(3)	18(4)	1. Determinată din valoarea minimă pentru străzi principale la $K_1 = \frac{1}{3}$
Străzi centrale, principale sau cu trafic mediu (cca. 500 vehicule pe oră şi sens)	10	6	12	8–15(3)	10	2. Idem pentru străzi cu trafic foarte intens
Străzi cu trafic redus	5	2	4	5(3)	4	3. Valoarea recomandată 4. La $\rho = 3\%$ s-a considerat $\frac{E_{min}}{E_{med}} = \frac{1}{4}$

Tabela 9

Clasificarea corpurilor de iluminat simetrice propusă de prof. L.D. Belkind (după distribuţia fluxului luminos)

Grupa corpurilor de iluminat	Subgrupa	Simbolul
Cu repartiţie directă  $\Phi_{\cup} \geqslant 0{,}9\Phi$ c.i. Simbolul grupei *P* (II)	Repartiţie concentrată a fluxului luminos $\Phi_{0-40^\circ} \geqslant 0{,}5\ \Phi$ c. i. Repartiţie medie a fluxului luminos $\Phi_{0-40^\circ} < 0{,}5\ \Phi$ c. i. $\leqslant \Phi_{0-50^\circ}$ Repartiţie largă a fluxului luminos $\Phi_{0-50^\circ} < 0{,}5\ \Phi$ c. i.	
Cu repartiţie mixtă  $\Phi_{\cup} - \Phi_{\cap} < 0{,}8\ \Phi$ c.i. Simbolul grupei *R* (P)	Repartiţie semidirectă a fluxului luminos $0{,}55\ \Phi$ c. i. $< \Phi_{\cup} < 0{,}9\ \Phi$ c. i. Repartiţie semiindirectă a fluxului luminos $0{,}55\ \Phi$ c. i. $< \Phi_{\cap} < 0{,}9\ \Phi$ c. i. Repartiţie mixtă a fluxului luminos $\Phi_{\cup} - \Phi_{\cap} \leqslant \pm 0{,}1\ \Phi$ c. i.	
Cu repartiţie indirectă  $\Phi_{\cap} \geqslant 0{,}9\ \Phi$ c. i. Simbolul grupei *O* (O)	Repartiţie concentrată a fluxului luminos $\Phi_{140-180^\circ} \geqslant 0{,}5\ \Phi$ c. i. Repartiţie medie a fluxului luminos $\Phi_{140-180^\circ} < 0{,}5\ \Phi$ c. i. $\leqslant \Phi_{130-180^\circ}$ Repartiţie largă a fluxului luminos $\Phi_{130-180^\circ} < 0{,}5\ \Phi$ c. i.	

În domeniul clasificării corpurilor de iluminat asimetrice s-a făcut pînă în prezent relativ puţin, deoarece aceste corpuri nu au găsit încă o răspîndire suficient de largă. Trebuie totuşi arătat că în iluminatul exterior îndeosebi utilizarea corpurilor de iluminat asimetrice devine din ce în ce mai mare, ele fiind considerate drept elemente de perspectivă. Folosirea lor va permite îmbunătăţirea nivelelor de iluminare cu investiţii relativ reduse.

O interesantă clasificare a corpurilor de iluminat asimetrice a fost propusă de V. V. Trembaci [5]. Folosind aceleaşi principii de clasificare ca şi acelea care stau la baza clasificării corpurilor de iluminat simetrice, autorul împarte corpurile de iluminat asimetrice în trei grupe, care la rîndul lor se împart în trei subgrupe; în funcţie de direcţia intensităţii luminoase maxime, fiecare dintre aceste subgrupe se împarte, la rîndul ei, în alte trei categorii. Felul în care este propusă această clasificare este arătat în tabela 10.

După cum se vede din tabela 10, grupurile care cuprind corpurile de iluminat directe şi îndirecte se subîmpart în următoarele subgrupe:

1. Subgrupa cu repartiţia concentrată a fluxului luminos caracterizată prin aceea că intensitatea luminoasă maximă este cuprinsă în limitele unghiulare $\alpha = 0 \div 20°$ ($\alpha = 180 \div 160°$).

2. Subgrupa cu repartiţie medie a fluxului luminos, cu intensitatea luminoasă maximă cuprinsă în limitele unghiulare $\alpha = 20 \div 50°$ ($\alpha = 160-130°$).

3. Subgrupa cu repartiţie largă a fluxului luminos, cu intensitatea luminoasă maximă cuprinsă în limitele unghiulare $\alpha = 50-90°$.

Autorul arată că această clasificare permite o încadrare relativ uşoară a corpurilor de iluminat la grupele şi subgrupele propuse de el.

Mai există numeroase feluri de clasificare a corpurilor de iluminat. Astfel, normele franceze împart corpurile de iluminat în şapte grupe, punînd la baza clasificării lor următoarele criterii [5]: tipul sursei de lumină folosită, gradul de simetrie al repartiţiei fluxului luminos, procentul din fluxul direct care cade pe suprafaţa utilă, unghiul în care este cuprins jumătate din fluxul luminos (pentru corpurile simetrice), unghiul în care este dirijată intensitatea luminoasă maximă (pentru corpuri de iluminat nesimetrice), elementul optic caracteristic al corpurilor de iluminat, gradul de protecţie contra efectelor dăunătoare ale tensiunii şi gradul de protecţie al corpului de iluminat contra acţiunii agenţilor atmosferici.

Cunoaşterea clasificării corpurilor de iluminat este deosebit de importantă mai ales pentru proiectanţi, care astfel pot

Tabela 10

Clasificarea corpurilor de iluminat cu repartiţie asimetrică a fluxului luminos propusă de V. V. Trembaci

Grupa şi simbolul ei	Subgrupa şi simbolul ei	Împărţirea subgrupelor
Corpuri de iluminat directe, Π,	Cu două planuri de simetrie	Π^2_y, Π^2_c, Π^2_{III};
$\Phi_{\cup} \geqslant 0{,}9\,\Phi$ c. i.	Cu 1 plan de simetrie	Π^1_y, Π^1_c, Π^1_{III};
	Fără plan de simetrie	Π^0_y, Π^0_c, Π^0_{III};
Corpuri de iluminat uniforme, P	Cu 2 planuri de simetrie	P^2_{II}, P^2_{Γ}, P^2_0;
	Cu 1 plan de simetrie	P^1_{II}, P^1_{Γ}, P^1_0;
$\Phi_{\cup} - \Phi_{\Delta} < 0{,}8\Phi$c.i.	Fără plan de simetrie	P^0_{II}, P^0_{Γ}, P^0_0;
Corpuri de iluminat indirecte, O,	Cu 2 planuri de simetrie	O^2_y, O^2_c, O^2_{III};
	Cu 1 plan de simetrie	O^1_y, O^1_c, O^1_{III};
$\Phi_{\Delta} \geqslant 0{,}9\,\Phi$ c. i.	Fără plan de simetrie	O^0_y, O^0_c, O^0_{III}.

completa datele sumare cuprinse în prospecte cu o serie de caracteristici interesante date de literatura de specialitate pentru categoria respectivă de corpuri de iluminat

3.2. Caracteristicile lumino-tehnice şi de exploatare ale corpurilor de iluminat

La proiectarea unei instalaţii de iluminat public, alegerea corpurilor de iluminat trebuie făcută ţinîndu-se seamă atît de considerentele lumino-tehnice cît şi de acelea de exploatare. Din punct de vedere lumino-tehnic se impune cunoaşterea randamentului corpului de iluminat, a strălucirii maxime pe care o produce corpul, ca şi repartiţia fluxului luminos în spaţiu.

Personalul de exploatare a instalaţiilor de iluminat public este deosebit de interesat să cunoască dacă aparatele care se montează în reţea sînt închise sau deschise, dacă elementele de preconectare ale lămpilor cu vapori de mercur şi balon fluorescent (bobinele) se montează în interiorul sau exteriorul corpului şi dacă el se curăţă uşor, respectiv dacă se murdăreşte greu.

3.2.1. Randamentul corpurilor de iluminat. Cunoaşterea randamentului unui corp de iluminat este un element de deosebită importanţă pentru aprecierea calităţilor sale lumino-tehnice. În mod obişnuit randamentul ar trebui indicat chiar pe curba fotometrică a corpului de iluminat, însă din păcate nu toţi producătorii procedează în acest fel.

În practică, randamentul este de obicei legat de repartiţia fluxului luminos în spaţiu. Astfel, de exemplu, uneori randamentul şi fluxurile parţiale sînt prezentate astfel:

$$\begin{matrix} 35 \\ | \\ 73 \\ | \\ 38 \end{matrix}$$

unde 73% este randamentul global, 35% din fluxul total este transmis în emisfera superioară (90—180°) şi 38% în emisfera inferioară.

Calculul randamentului unui corp de iluminat se reduce la determinarea fluxului luminos pe care acesta îl emite. În acest scop există numeroase metode de calcul şi grafice.

Astfel, pentru corpurile de iluminat simetrice este suficientă cunoaşterea curbei fotometrice polare într-un plan vertical. În acest caz, expresia fluxului devine:

$$\Phi_{c.i.} = 2\pi \sum \left[\left(\frac{I\alpha_1 + I\alpha_2}{2} \right) (\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1) \right],$$

Tabela 11

Calculul fluxului luminos al unui corp cu distribuţie asimetrică a fluxului luminos

Zona (latitudine)	Longitudine 5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165	175	$\sum_{k=1}^{18} I_k$	$\Delta\omega$	$\Delta\Phi$
0—10	100	100	100	100	100	100	101	102	102	103	105	103	103	102	101	100	100	100	1 822	0,00555	10,1
10—20	90	92	94	96	98	100	102	104	105	106	107	106	104	102	100	98	96	95	1 795	0,01550	27,8
20—30	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	120	115	110	100	95	90	85	80	1 820	0,02550	46,5
30—40	60	65	75	85	100	110	120	130	140	140	135	130	125	115	100	85	75	60	1 850	0,03500	65,0
40—50	55	60	65	80	90	100	112	125	125	140	135	125	120	110	95	85	60	50	1 732	0,04270	74,0
50—60	25	37	40	45	55	63	75	85	100	115	120	110	100	85	75	63	50	40	1 283	0,05000	64,2
60—70	25	55	60	65	85	100	112	125	140	160	250	250	160	125	100	65	50	40	1 967	0,05500	108,5
70—80	20	50	55	70	90	112	130	155	205	250	400	400	280	200	145	110	80	50	2 802	0,05900	165,0
80—90	20	40	52	63	80	90	100	105	120	150	250	250	160	100	80	63	63	40	1 826	0,06050	111,0
90—100	19	25	25	25	25	25	25	25	35	40	100	40	40	40	25	20	19	19	572	0,06050	34,6
100—110	13	14	14	14	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20	15	15	13	13	286	0,05900	16,9
110—120	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	90	0,05500	5,0
																				Total Φ	728,6

$\Phi_t = 728{,}6$ lm. din care $\Phi_{\nabla} = 672{,}1$ lm. $\Phi_{\Delta} = 56{,}5$ lm.

unde :

α_1 și α_2 sînt unghiurile de deschidere a două conuri avînd drept axă verticală dreapta care trece prin sursă și al căror vîrf coincide cu centrul sursei ; unghiul solid cuprins între aceste două conuri are expresia : $\omega = 2\pi\ (\cos\alpha_2 - \cos\alpha_1)$;

$I\alpha_1$ și $I\alpha_2$ — intensitatea luminoasă corespunzătoare unghiurilor α_1 și α_2.

O metodă grafică dintre cele mai folosite este aceea cunoscută sub numele de metoda Rousseau [8].

Pentru calculul randamentului corpului de iluminat asimetric se folosesc mai multe metode. Dacă distribuția intensităților luminoase este prezentată sub formă de curbe izocandele trasate pe o diagramă care conservă suprafețele (reprezentarea Samson — Flamstead [9]), valoarea unghiurilor solide care corespund diferitelor intensități luminoase se obține planimetrînd suprafața mărginită de curba corespunzătoare intensității luminoase respective.

Dacă I_1 este, de exemplu, intensitatea luminoasă maximă care corespunde unei suprafețe S_1, fluxul din interiorul acestei suprafețe va fi :

$\Phi_m = I_1 S_1$, iar fluxul corespunzînd suprafeței S_2, mărginită de curba I_2, va fi :

$\Phi_1 = \dfrac{I_1 + I_2}{2}\ (S_2 - S_1)$, cu condiția ca valorile I_1 și I_2

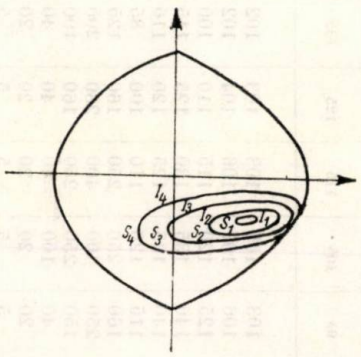


Fig. 1. Curbele izocandele ale unui corp de iluminat asimetric.

să nu fie prea depărtate. Fluxul total va fi deci egal cu suma fluxurilor elementare.

Deoarece, de obicei, nu se dispune de un aparat cu ajutorul căruia să se facă planimetrarea, se subîmparte zona cuprinsă între cele două conuri de deschidere α_1 și α_2 cu ajutorul unor plane meridiane. În acest caz, calculul se poate face în felul arătat în tabela 11 ; diagramele izocandele ale acestui corp de iluminat sînt arătate în figura 2.

După cum se vede din tabela 11, fluxul total emis de corpul de iluminat analizat este de 728,6 lm, din care 672,1 sînt dirijați în emisfera inferioară și 56,5 în emisfera superioară.

3.2.2. Strălucirea corpului de iluminat. Problema strălucirii admisibile a corpurilor de iluminat în special, ca și a instalațiilor pentru iluminatul străzilor în general, a format subiectul a numeroase lucrări publicate în literatura de specialitate [10, 11, 12].

Determinarea strălucirii elementelor difuzante ale unui corp de iluminat se face folosind formula :

$$B_\alpha = \frac{I_\alpha}{A_{a\alpha}}\ \text{(sb)},$$

unde :

I_α este intensitatea luminoasă în direcția α, cd ;

$A_{a\alpha}$ — aria aparentă a difuzorului privit din direcția α, cm².

Această verificare are ca scop eliminarea efectului de orbire pe care-l poate produce corpul de iluminat în cîmpul vizual al unui observator sau conducător de vehicul. Spre exemplificare se arată în figura 3 (după [10]) felul în care un conducător de vehicul poate fi orbit de o sursă luminoasă.

Cîmpul vizual al unui conducător de vehicul, avînd privirea dirijată orizontal înainte, este limitat (în sus) de parbrizul mașinii. Unghiul format de orizontala pornită din ochiul conducătorului de vehicul și dreapta care, pornind de asemenea din ochi, atinge partea inferioară a suprafețelor ce limitează

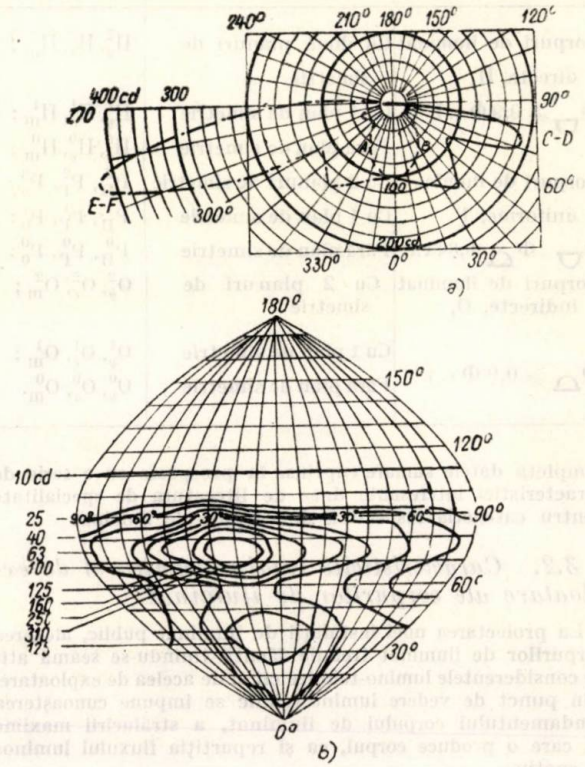


Fig. 2. Caracteristici fotometrice ale unui corp de iluminat asimetric :

a — 2 curbe fotometrice cu 2 plane meridiane ; *b* — curbe izocandele.

(în sus) cîmpul vizual variază între 15° și 28° pentru automobile și capătă valori ceva mai reduse în cazul camioanelor. De aceea calculele de orbire se fac de obicei pentru un unghi de 25°. Calcularea suprafeței aparente a unui corp de iluminat închis cu un refractor de formă cilindrică, de exemplu, se face folosind formula :

$$A_a = A_1 \cos 25° + A_2 \cos 65°,$$

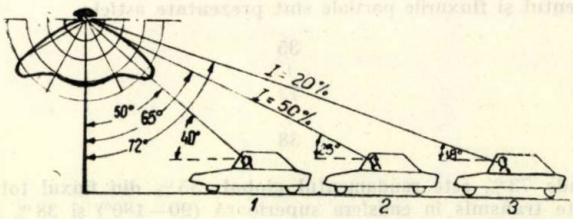


Fig. 3. Condițiile în care se poate produce orbirea în iluminatul public :

1 — raza incidentă este ecranată ; *2* — raza incidentă este în poziție limită înainte de a fi ecranată ; *3* — raza incidentă este vizibilă.

unde :

A_1 este suprafața laterală a difuzorului, cm² ;

A_2 — suprafața orizontală inferioară a elementului difuzant, cm².

Tabela 12

Comparație între corpurile de iluminat deschise sau închise

	Corp de iluminat închis		Corp de iluminat deschis	
	avantaje	dezavantaje	avantaje	dezavantaje
Operații de curățire	Mai puțin dese dacă corpul de iluminat este închis ermetic	Se acumulează insecte și praf în viziere, mai ales la acele care nu se închid bine	Se curăță mai ușor decît corpurile de iluminat închise	Sistemul optic este mai expus la prăfuire
Operații de întreținere	Sînt necesare mai puține lucrări de întreținere, deoarece elementele optice sînt mai bine protejate	Este necesară supravegherea dispozitivelor de închidere a vizierelor. Trebuie analizată o protecție antitermică a cablurilor de alimentare	Se pot realiza intervenții mai rapide și economice decît la corpurile de iluminat închise	Sînt necesare intervenții mai dese decît la corpurile de iluminat închise
Surse luminoase	Asigură o protecție mai bună în caz de furtună sau zăpadă	Operația de înlocuire este mai costisitoare	Se înlocuiește mai ușor sursa luminoasă	Protecția surselor luminoase este mai puțin bună ; acest inconvenient dispare prin utilizarea lămpilor de sticlă călită
Randament luminos	Deși randamentul este mai scăzut decît la corpurile de iluminat deschise, asigură o distribuție mai bună a fluxului luminos	Pierderi de flux luminos ceva mai mari datorită absorbției vizierei	Randament mai bun cînd corpul este nou	Necesită un reglaj atent al elementelor optice
Aspectul corpului	Mai ornamental	—	—	Mai puțin favorabil
Mărirea puterii surselor luminoase	—	Mai costisitoare, uneori chiar imposibilă. Distribuția fluxului luminos este însă de obicei necorespunzătoare	Mai puțin costisitoare și mai ușor de realizat	Distribuția fluxului luminos este de obicei necorespunzătoare

În literatură se indică drept admisibile următoarele valori aproximative ale strălucirii unui corp de iluminat folosite în iluminatul public [6] :

— corp de iluminat pentru artere de circulație — 3 sb în limitele unghiului de protecție de 15° ;

— corp de iluminat pentru străzi principale — 1 sb ;

— corp de iluminat pentru străzi secundare — 0,5 sb.

Proiectantul trebuie să coordoneze strălucirea admisibilă a corpurilor de iluminat cu strălucirea celorlalte elemente ale instalației, urmărind realizarea unei străluciri cît mai uniforme în ansamblul instalației.

3.2.3. Probleme de exploatare. Problemele legate de exploatarea corpurilor de iluminat nu pot fi în general separate de aspectele lumino-tehnice ale instalației de iluminat. Astfel, la alegerea corpului de iluminat pentru o instalație, proiectantul este adesea pus în fața alternativei de a prevedea corpuri închise sau deschise. Pentru a-i ușura alegerea se arată în tabela 12 avantajele și dezavantajele pe care le are fiecare dintre aceste tipuri de corpuri de iluminat.

După cum se vede din tabelă, în cazul unei execuții corecte corpurile de iluminat închise sînt mai avantajoase din punct de vedere tehnic decît cele deschise ; din punct de vedere economic însă, situația se prezintă invers. Ținînd seamă de această contradicție, se impune ca sortimentul de corpuri de iluminat al unei fabricații normale să cuprindă elemente de ambele feluri, iar înainte de montarea sau prevederea în proiecte a unor corpuri de iluminat să se facă o analiză corespunzătoare pentru a se alege soluția cea mai bună din punct de vedere tehnic și economic.

O altă problemă importantă pentru exploatarea corpurilor de iluminat folosind surse moderne de lumină este aceea a amplasării elementelor de preconectare. Pentru lămpile cu vapori de mercur, care formează în prezent sursa cu cele mai mari posibilități de extindere în iluminatul exterior, există în această direcție două soluții : bobina montată în interiorul corpului de iluminat sau bobina montată în exteriorul lui. Fiecare dintre aceste soluții are avantajele și dezavantajele ei. Astfel, prima prezintă următoarele avantaje :

— bobina este protejată contra intemperiilor , ceea ce duce la evitarea unor defecțiuni ;

— aspectul estetic al ansamblului este de obicei favorabil ;

— legăturile electrice sînt mai sigure ;

— construcția bobinei poate fi simplificată, nemaifiind necesară etanșarea ei.

Dezavantajele acestei soluții sînt următoarele :

— corpul devine mai ancombrant și mai scump ;

— nu mai este economică utilizarea acestui corp de iluminat echipat cu lămpi cu incandescență ;

— în anumite condiții se pot produce supraîncălziri locale, care pot fi surse de defecte ;

— întreținerea instalației este întrucîtva mai greoaie.

Soluția montării bobinei în exteriorul corpului de iluminat prezintă următoarele avantaje :

— întreținerea bobinei este mai ușoară, deoarece pentru schimbări sau verificări de legături nu mai trebuie desfăcut corpul de iluminat ;

— corpul este de gabarit mai redus și mai ieftin ;

— bobina are o ventilație mai bună.

Dezavantajele principale ale acestei soluții ar fi următoarele :

— bobina trebuie executată într-o carcasă etanșă, deoarece ea este supusă unor variații mari de temperatură și tuturor intemperiilor mediului exterior ;

— bobina trebuie întreținută periodic (vopsire) ;

— între bobină și corpul de iluminat pot exista uneori legături relativ lungi, a căror desfacere sau slăbire poate duce la defecțiuni ;

— bobina poate fi supusă la oscilații de frecvență diferite de acelea ale corpului de iluminat, ceeace duce la smulgerea legăturilor dintre bobină și corp.

Din cele arătate se vede că ambele soluții prezintă avantaje și dezavantaje importante.

Pentru trecerea masivă a instalațiilor de iluminat existente la echiparea cu lămpi cu vapori de mercur, precum și pentru execuția de instalații de iluminat noi la nivelul tehnicii mondiale și cu indici economici corespunzători, este necesar să se asigure producția ambelor tipuri de corpuri de iluminat.

Astfel, corpurile de iluminat închise cu bobina inclusă vor fi folosite cu succes pe arterele principale, unde se montează stîlpi înalți cu corpuri în prelungirea stîlpului (și unde un corp de gabarit mai mare este corespunzător din punct de vedere estetic), precum și în zonele cu intemperii frecvente și factori de intensă coroziune etc., pe cînd cele deschise și cu bobine în exterior vor prezenta o soluție tehnică acceptabilă și economic avantajoasă pe străzile de circulație mai redusă, cu vegetație bogată.

Înlocuirea lămpilor arse este o problemă dintre cele mai importante pentru exploatarea instalațiilor de iluminat public. Ea se face în prezent în două moduri:

— înlocuirea individuală;

— înlocuirea în grup.

Înlocuirea individuală, utilizată în general în practica noastră, prezintă avantajul că permite folosirea întregii durate de viață a sursei luminoase; aceasta este important mai ales la lămpi cu incandescență funcționînd în condiții de tensiune ceva mai scăzută.

Dezavantajele acestei soluții sînt următoarele:

a) Înlocuirea lămpilor este mult mai scumpă, deoarece productivitatea echipelor care lucrează pe telescoape este foarte redusă din următoarele motive:

— echipa trebuie să caute lămpile arse, care pot fi la distanțe apreciabile între ele;

— se lucrează numai noaptea;

— se lucrează în condiții nefavorabile fără pregătirea prealabilă a locului de muncă.

b) Nivelul de iluminare scade destul de neuniform, deoarece unele lămpi sînt puternic depreciate și funcționează cu flux mai redus.

c) Se efectuează numai muncă de noapte, ceea ce este necorespunzător din punct de vedere al tehnicii securității.

d) Eventualele reparații ale corpului de iluminat se fac mai greu și în condiții calitativ mai slabe noaptea decît ziua.

e) Se lucrează noaptea cu rețeaua sub tensiune, ceea ce în anumite situații poate deveni periculos; deși se scoate siguranța de pe faza care alimentează corpul de iluminat, este posibil ca în anumite condiții conductorul de nul să capete tensiune periculoasă.

f) Nu se poate coordona curățirea corpului de iluminat cu înlocuirea lămpilor.

Cea de-a doua metodă folosită presupune înlocuirea simultană a tuturor lămpilor unei instalații la intervale de timp regulate. Perioada de funcționare a lămpilor se determină din curba duratei de viață medie a surselor respective (fig. 4) pentru lămpi cu incandescență [19].

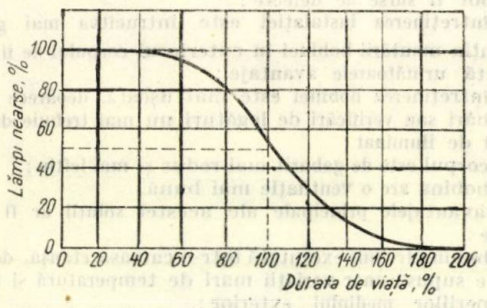


Fig. 4. Curba valorilor medii ale duratei de viață a lămpilor cu incandescență.

Ca perioadă de înlocuire se alege de obicei 60—70 % din durata de viață a sursei luminoase (deci 600—700 ore), deoarece în acest interval de timp nu sînt arse mai mult decît 10 % din totalul lămpilor în funcțiune.

Avantajele principale ale înlocuirii în grup a lămpilor sînt următoarele:

a) Fluxul luminos mediu pe care-l primește strada este cu 4—5 % mai mare decît în cazul înlocuirii individuale.

b) Productivitatea crește puternic (de ordinul 200—300 %), deoarece:

— se lucrează numai ziua;

— se pot face anumite pregătiri la locul de muncă;

— nu mai sînt necesare drumuri inutile de căutare a lămpilor arse, înlocuirea făcîndu-se în toată zona.

c) Calitatea eventualelor reparații este mult mai bună, ele fiind efectuate numai ziua.

d) Se lucrează cu toată rețeaua scoasă de sub tensiune, deci în condiții mai bune din punct de vedere al tehnicii securității.

e) Se poate coordona curățirea corpului de iluminat cu operația de înlocuire a lămpilor.

Dezavantajul acestei metode este faptul că aplicarea ei implică un consum ceva mai mai ridicat de surse luminoase; totodată se scot din funcțiune lămpi care nu sînt încă complet uzate, dar care și-au consumat cea mai mare parte a duratei lor de viață.

Înlocuirea în grup a lămpilor se practică în prezent în două variante:

a) Se înlocuiesc individual cele circa 10 % din lămpile arse înainte de sfîrșitul intervalului fixat pentru schimbarea tuturor surselor. Această variantă se aplică mai ales pe arterele principale de mare importanță.

b) Se înlocuiesc toate lămpile la sfîrșitul intervalului fixat, fără a se lua vreo măsură pentru schimbarea lămpilor arse între timp.

Alegerea uneia sau alteia dintre metodele expuse se poate face numai pe baza unei comparații economice, ținîndu-se seama, bineînțeles, și de toate considerațiile tehnice expuse.

Formulele cu ajutorul cărora se pot determina cheltuielile anuale de exploatare pentru o lampă sînt următoarele [19]:

— înlocuirea individuală $= \frac{B}{D}(c + i)$, lei/lampă·an;

— înlocuirea în grup (varianta *a*) $= \frac{B}{A}[c+g+k(c+i)]$, lei/lampă·an;

— înlocuirea în grup (varianta *b*) $= \frac{B}{A}(c+g)$, lei/lampă·an;

unde:

B este numărul de ore de funcționare pe an, ore/an;

D — valoarea medie a duratei de viață a lămpii, ore;

c — costul unei lămpi, lei;

i — costul înlocuirii individuale a unei lămpi, lei;

A — numărul de ore de funcționare între două înlocuiri succesive (a întregului grup de lămpi), ore;

g — costul înlocuirii unei lămpi în cazul aplicării metodei de înlocuire în grup, lei/lampă;

k — proporția de lămpi ce se defectează în cursul perioadei de funcționare (curba din fig. 4).

Recomandări generale privind utilizarea uneia sau alteia dintre cele două metode nu se pot da; numai calculele tehnico-economice, aplicate la condițiile concrete ale exploatării, pot da un răspuns precis. În literatură se arată însă că metoda înlocuirii în grup poate fi luată în considerare atunci cînd costul înlocuirii unei lămpi, i, este mai mare decît 0,5 c, și atunci cînd g este mai mic decît i. Determinarea experimentală în condițiile unei exploatări concrete a valorii g ar permite efectuarea unui calcul corect și ar arăta dacă metoda prezintă avantaje economice.

3.3. Tendințe noi în construcția corpurilor de iluminat

La construcțiile moderne de corpuri de iluminat se remarcă următoarele tendințe:

— realizarea unor concentrări cît mai mari de flux luminos;

— dirijarea cît mai favorabilă a fluxului luminos;

— evitarea pe cît posibil a creării de surse de strălucire puternică.

Astfel, pentru lămpile fluorescente de mare putere s-a elaborat în U.R.S.S., de către Academia de gospodărie comunală, un corp pentru trei lămpi de 80 W. Armătura corpului de iluminat este executată din material plastic pe bază de acrilat, care asigură surselor luminoase un regim termic deosebit de stabil [18].

Schema de conectare folosită cuprinde un dispozitiv de rezonanță și a fost executată în două variante — cu și fără startare. Prin acest sistem se realizează o aprindere sigură a lămpilor la temperatura de — 40° a mediului ambiant și tensiunea de 190 V a rețelei. Corpul a fost montat experimental în cartierul Vetoș din Moscova și a dat bune rezultate în exploatare.

O altă construcție nouă și interesantă de corp de iluminat este aceea cunoscută sub denumirea de „corp de iluminat cu optică încrucișată" [10].

Este vorba de un corp de iluminat pentru lămpi fluorescente cu strat reflectător de 40 sau 65 W; acestea sînt astfel montate, încît fluxul luminos pe care îl emit să fie dirijat oblic în jos. Aproximativ ½ din acest flux luminos cade pe un reflector de Al în formă de V, care îl dirijează în sens contrar (fig. 5).

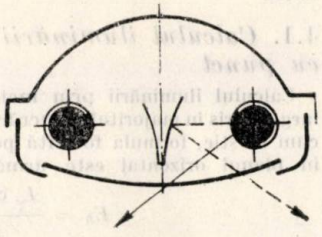


Fig. 5. Corp de iluminat cu optică încrucișată.

În figura 6 se arată curba fotometrică în plan transversal obținută cu un astfel de corp de iluminat cu două tuburi.

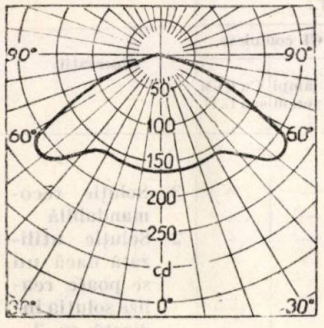


Fig. 6. Curba fotometrică a corpului de iluminat din fig. 5.

Într-o instalație realizată, avînd corpurile montate la 9,5 m înălțime și 32 m distanță între ele, s-a obținut o iluminare medie de 11 lx cu următorii coeficienți de uniformitate:

$$g_1 = \frac{1}{1{,}8}$$

și

$$g_2 = \frac{1}{2{,}6}.$$

În literatură se mai descriu corpuri analoge cu patru lămpi fluorescente de 65 W, cu ajutorul cărora s-au realizat iluminări medii de 21 lx [10].

În domeniul corpurilor de iluminat pentru lămpi cu vapori de mercur s-au obținut de asemenea realizări interesante. Astfel, se descrie în literatură un corp de iluminat de formă pătrată prevăzut a se monta în consolă pe stîlp. Datorită formei sale, consola pe care se montează este foarte scurtă, așa încît se poate spune că face corp comun cu stîlpul. Acest lucru a făcut ca acest corp de iluminat să fie agreat de arhitecți. El poate fi echipat cu două lămpi cu vapori de mercur de 700 W, ceea ce permite o puternică concentrare de flux luminos. Instalații avînd asemenea corpuri de iluminat sînt recomandate pentru străzi largi reprezentative și piețe la care se tinde la realizarea unui nivel de iluminare de ordinul a 30 lx.

Datorită faptului că sînt echipate cu lămpi foarte puternice, aceste corpuri de iluminat trebuie montate la înălțimea de 11—16 m, ceea ce permite o distanțare pînă la 60 m între doi stîlpi.

În figura 7 se arată aspectul unui asemenea corp de iluminat, iar în figura 8 — curba fotometrică în diferitele planuri verticale.

Pentru iluminatul unor spații mari deschise (de exemplu piețe) se utilizează în prezent corpuri de iluminat complexe, realizate din asamblarea pe un suport comun a mai multor corpuri simple. Astfel, s-au realizat corpuri de iluminat în formă de ciupercă cu repartiție simetrică a fluxului luminos, echipate cu cinci lămpi cu incandescență de 500 W sau LVM de 250 W; greutatea unui asemenea corp este de 170 kg. În acest fel se pot asambla pe suporți de diferite forme sau mărimi orice fel de combinații de corpuri de iluminat.

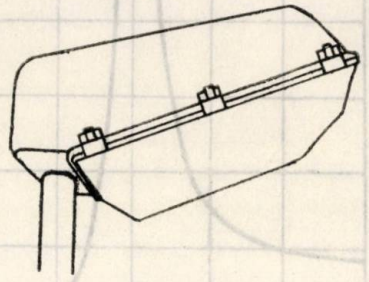


Fig. 7. Corp de iluminat de formă pătrată pentru 2 LVM de 700 W.

Utilizarea lămpilor cu xenon pune probleme grele în fața constructorilor de corpuri de iluminat, deoarece rolul acestora constă într-o totală redistribuire spațială a fluxului luminos emis de lampă. Astfel, iluminarea ce se obține la nivelul solului cu o lampă cu xenon de 20 kW goală, montată la 30 m înălțime (de-a lungul liniei perpendiculare pe axa lămpii), este de 63 lx sub stîlp și de 6 lx la o distanță de 58,5 m de la stîlp [14]. Dacă s-ar dori o repartiție uniformă a fluxului luminos în cazul unui asemenea lămpi, ar fi necesar să se obțină, de exemplu la un unghi $\alpha = 75°$, o intensitate luminoasă de 62 ori mai mare decît la $\alpha = 0°$; intensitățile luminoase reale ale sursei depășesc în zona $\alpha = 0-45°$ valorile necesare pentru realizarea acestei ipoteze de 10— 3 ori. Corpul de iluminat trebuie de asemenea să asigure un unghi de protecție corespunzător (în planul transversal $\gamma = 10-20°$ și în cele longitudinal $\gamma = 15-25°$) și elementele sale optice trebuie astfel dimensionate, încît să reziste la condițiile grele de temperatură, ținînd seamă de cantitatea mare de căldură pe care o dezvoltă lampa.

Iată cîteva date interesante privind un corp de iluminat sovietic proiectat pentru o lampă cu xenon de 20 kW (14).

— Elementele optice ale corpului de iluminat sînt formate dintr-o oglindă cilindrică în fațete executate din oțel inoxidabil. Secțiunea cilindrului este parțial parabolică, parțial circulară.

În afară de reflectorul cilindric, corpul de iluminat mai este prevăzut cu două oglinzi plane, pe care cade fluxul din zona cuprinsă între 50 și 110° și care este reflectat în emisfera inferioară în zona cuprinsă între 10 și 70° Aparatul de iluminat, proiectat cu aceste elemente optice, emite un flux total de 380 000 lm, cu un randament de 65% și o intensitate luminoasă maximă de 460 kcd.

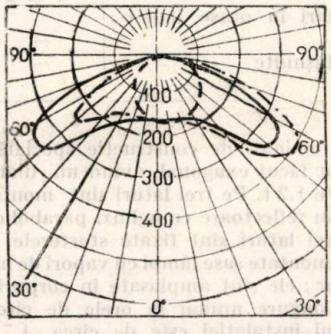


Fig. 8. Curbe fotometrice realizate cu corpul de iluminat din fig. 7.

În figura 9 se arată curba fotometrică a unui astfel de corp de iluminat în planul vertical perpendicular pe axa sa.

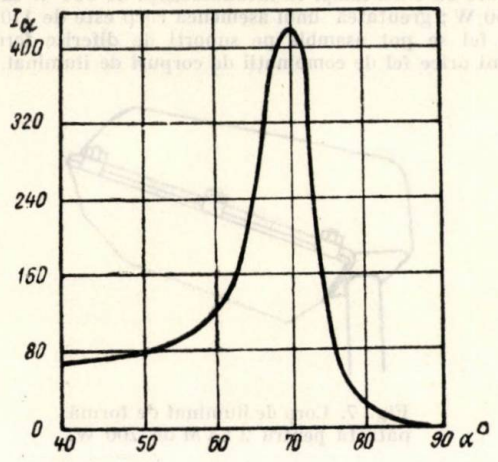


Fig. 9. Curba fotometrică a unui corp de iluminat pentru o lampă cu xenon de 20 kW în planul vertical perpendicular pe axa lămpii ($I_\alpha = f(\alpha)$ la $\beta = 0$).

Tot pentru lămpi cu xenon a fost elaborat un corp de iluminat special amplasat în centrul unei piețe din orașul München [20].

Stîlpul de beton armat centrifugat are 32 m înălțime (din care 1,8 m în pămînt), 70 cm diametrul la bază, 20 cm la vîrf și 9,6 t greutate.

Ținînd seamă de noile tendințe care se manifestă în soluțiile moderne de corpuri de iluminat, s-a elaborat tabela 13, în care se încearcă să se dea cîteva indicații și recomandări pentru alegerea corectă a acestor elemente esențiale în reușita unei instalații de iluminat. Desigur că ultimul cuvînt îl are însă un amănunțit calcul tehnico-economic.

4. Calculul iluminării

După cum s-a văzut, din punct de vedere tehnic, calitatea unei instalații de iluminat se apreciază după nivelul de iluminare realizat, ca și după gradul de strălucire pe care a reușit să-l obțină proiectantul. În cele ce urmează se vor expune pe scurt cîteva metode practice de calcul al iluminării și al strălucirii suprafeței unei străzi iluminate artificial.

4.1. *Calculul iluminării prin metoda punct cu punct*

Calculul iluminării prin metoda punct cu punct este pe larg descris în majoritatea lucrărilor de specialitate [6,8]. După cum se știe, formula folosită pentru determinarea iluminării în planul orizontal este următoarea:

$$E_h = \frac{I_\gamma \cos^3 \alpha}{h^2},$$

unde notațiile au semnificația din figura 10.

Tabela 13

Corpuri de iluminat recomandate pentru diferite feluri de străzi

Nr. crt.	Caracteristicile arterei	Clasa străzii (cf. Prescrip. nr. 23–61)	Gradul de murdărire	Alegerea corpurilor de iluminat (C.I.)							Observații
				C.I. pt. LI		C.I. pt. L. fl.	C.I. pt. IVM		C.I. complexe		
				deschise	închise		deschise	închise	Cu lămpi cu xenon	Cu LVM sau L. fl.	
1	Străzi centrale, principale, din orașe mari	1, 2 și ev. 3	intens	—	—	2	—	3	—	×	3 — Soluție recomandabilă
2	I d e m	1,2 și ev. 3	obișnuit	—	—	2	2	3	—	×	
3	Străzi centrale cu trafic mediu	3,4	intens	—	—	3	—	3	—	—	2 — Soluție utilizată dacă nu se poate realiza soluția indicată cu 3.
4	I d e m	3,4	obișnuit	—	2	3	3	2	—	—	
5	Străzi secundare în zone cu trafic redus	5,6	intens	—	3	3	—	2	—	—	
6	I d e m	5,6	obișnuit	3	—	3	2	—	—	—	
7	Șosele (autostrăzi)	1	intens	—	1	2	—	3	—	×	1 — Soluție posibilă, dar nerecomandabilă
8	I d e m	1	obișnuit	1	—	2	3	—	—	×	
9	Artere urbane de circulație intensă	1 și 2	intens	—	1	2	—	3	—	×	
10	I d e m	1 și 2	obișnuit	1	—	2	3	—	—	×	x — Soluție recomandabilă pentru o etapă de viitor
11	Piețe mari în orașe importante	—	—	—	1	1	—	2	3	2	
12	Piețe obișnuite	—	—	2	2	2	2	2	—	3	

Corpul de iluminat, de construcție specială pentru vîrful stîlpului, a fost făcut exagonal, avînd un diametru de 4,8 m și o greutate de 1,2 t. Pe trei laturi sînt montate lămpile cu xenon, fixate în reflectoare cu oglinzi parabolice de aluminiu. Pe celelalte trei laturi sînt fixate starterele. Tot pe aceste trei laturi sînt montate șase lămpi cu vapori de mercur de 400 W cu bobinele lor; ele sînt amplasate în corpuri cu reflectoare ovale și ard singure numai în orele de circulație redusă. Fluxul total al instalației este de circa 1,7 milioane lm.

Deoarece tensiunea de amorsare a lămpii este de 50 — 70 kV, a fost necesară aducerea starterelor cît mai aproape de capetele lămpii.

Instalația nu necesită răcire specială, însă cere o ventilație bună. În acest scop s-a montat pe vîrful stîlpului un ventilator special. Un releu blochează funcționarea lămpilor fără ventilator. Tot aparatajul auxiliar este montat într-o cameră situată la 30 m de stîlp.

Deoarece folosirea acestei formule este greoaie, se pot utiliza tabele care indică direct valoarea iluminării orizontale la o distanță a de proiecția corpului de iluminat pe planul orizontal.

La întocmirea tabelei 14 s-a presupus însă o repartiție uniformă a intensității luminoase în spațiu, și anume de 1 000 cd. Astfel formula devine:

$$E'_h = \frac{1\,000 \cos^3 \alpha}{h^2},$$

iar iluminarea orizontală se poate determina din expresia:

$$E_h = \frac{I_\gamma}{1\,000} E'_h,$$

Tabela 14

Tabelă ajutătoare pentru calcularea iluminării prin metoda punct cu punct în cazul unei distribuții uniforme a intensităților luminoase (I=1 000 cd)

Distanța pe orizontală a (m)	h = 6 m		h = 7 m		h = 8 m		h = 9 m		h = 10 m		h = 12 m		h = 14 m	
	γ (°C)	E'_h (lx)	γ (°C)	E'_h (lx)	γ (°C)	E'_h (lx)	γ (°C)	E'_h (lx)	γ (°C)	E'_h (lx)	λ (°C)	E'_h (lx)	λ (°C)	E'_h (lx)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	27,80	0	20,40	0	15,60	0	12,35	0	10,00	0	6,93	0	5,10
1	10	26,65	8	19,80	7	15,25	6	12,15	6	9,85	5	6,85	4	5,05
2	19	23,70	16	18,15	14	14,25	13	11,50	11	9,43	9	6,70	8	4,95
3	27	19,90	23	15,85	21	12,85	19	10,55	17	9,79	14	6,35	12	4,75
4	34	16,00	30	13,35	27	11,20	24	9,42	22	8,00	18	6,00	16	4,55
5	40	12,60	36	11,00	32	9,53	29	8,25	27	7,16	23	5,40	20	4,25
6	45	9,82	41	8,93	37	8,00	34	7,11	31	6,31	26	4,90	23	4,00
7	49	7,66	45	7,22	41	6,66	38	6,07	35	5,50	30	4,50	27	3,60
8	53	6,00	49	5,83	45	5,52	42	5,15	39	4,76	34	3,95	30	3,30
9	56	4,74	52	4,72	48	4,58	45	4,36	42	4,11	37	3,55	33	3,00
10	59	3,78	55	3,85	51	3,81	48	3,70	45	3,54	40	3,13	35	2,80
12	64	2,49	60	2,61	56	2,67	53	2,67	50	2,63	45	2,45	41	2,20
14	67	1,70	64	1,83	60	1,91	57	1,95	55	1,97	49	1,95	45	1,80
16	70	1,20	66	1,32	64	1,40	61	1,46	58	1,49	53	1,52	49	1,44
18	72	0,88	69	0,97	66	1,05	64	1,11	61	1,15	56	1,22	54	1,04
20	73	0,66	71	0,74	68	0,80	66	0,853	64	0,89	59	0,95	56	0,97
22	75	0,51	72	0,57	70	0,62	68	0,670	66	0,71	61	0,79	57	0,83
26	77	0,32	75	0,36	73	0,40	71	0,432	69	0,46	65	0,53	62	0,53
30	79	0,21	77	0,24	75	0,27	73	0,293	72	0,32	68	0,37	65	0,03

unde I_γ se afla din curba fotometrică sau izocandelă a corpului de iluminat.

Iată, de exemplu, cum se calculează iluminarea într-un punct situat la 12 m de proiecția pe planul orizontal a unui corp de iluminat C-300, echipat cu o lampă cu incandescență de 300 W (Φ = 4 260 lm), montată la o înălțime de 8 m.

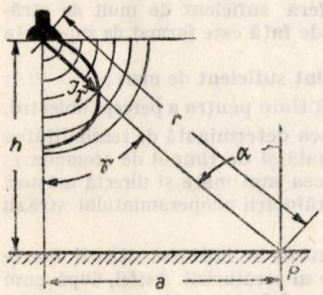


Fig. 10. Calculul iluminării prin metoda punct cu punct.

Din tabelă se citește pentru a = 12 m și h = 8 m, E'_h = = 2,67 lx și γ = 56°. Din curba fotometrică a corpului C — 300 rezultă :

$$I_{56°} = 139 \text{ cd, deci}$$

$$E_h = E'_h \frac{I_{56°}}{1\,000} \cdot \frac{\Phi}{1\,000} = 2{,}67 \cdot 0{,}139 \cdot 4{,}26 = 1{,}58 \text{ lx.}$$

Iată în figura 11 felul în care se trasează curbele izolux pentru un corp de iluminat simetric C — 300, echipat cu o lampă de 300 W, montat la înălțimea de 8 m.

În cazul corpurilor cu repartiție asimetrică a fluxului luminos, cum sînt, de exemplu, corpurile de iluminat cu lămpi fluorescente (la care se indică de obicei curba fotometrică din planul longitudinal și transversal), iluminarea în planul orizontal se poate calcula folosind formula (15) :

$$E_h = I_\psi \frac{I_\beta}{I_0} \frac{h}{\sqrt{(a^2 + d^2 + h^2)^3}} \text{ lx,}$$

notațiile fiind explicate în figura 12.

În cazul corpului de iluminat cu repartiție asimetrică a fluxului luminos, pentru care sînt date curbele izocandele, calculul se face folosind de asemenea tabela ajutătoare 14. Determinarea intensității luminoase dirijată spre punctul de calcul este pe larg explicată în literatură [6, 8].

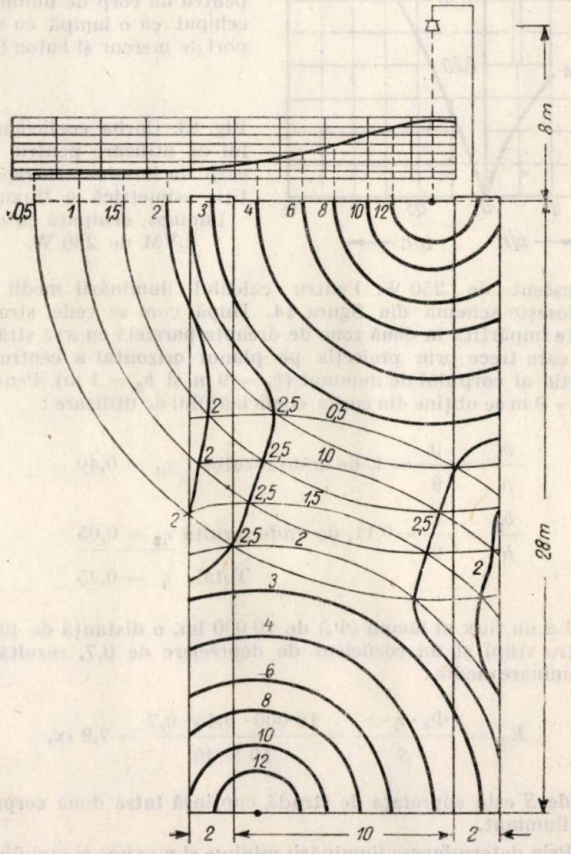


Fig. 11. Curbe izolux.

4.2. *Calculul iluminării medii*

După cum s-a mai arătat, noile prescripții privind iluminatul străzilor presupun determinarea iluminării medii de pe partea carosabilă a străzii.

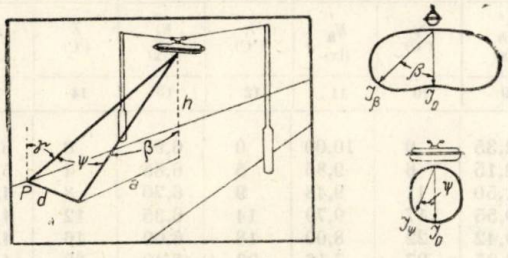


Fig. 12. Schema pentru calculul iluminării în cazul unui corp de iluminat pentru care sînt indicate două curbe fotometrice.

Iluminarea medie se calculează de obicei prin două metode :

— metoda coeficienților de utilizare și
— metoda punct cu punct.

Metoda coeficienților de utilizare este simplă și se determină dintr-o curbă caracteristică trasată pentru fiecare corp de iluminat (cunoscută în literatură sub denumirea de curba b/h) [16]. Aceasta exprimă fluxul util care cade pe o stradă de lungime practic infinită în funcție de raportul dintre lățimea străzii (b) și înălțimea de montare a corpului de iluminat (h). În figura 13 se arată o asemenea curbă pentru un corp de iluminat echipat cu o lampă cu vapori de mercur și balon fluorescent de 250 W. Pentru calculul iluminării medii se folosește schema din figura 14. După cum se vede, strada este împărțită în două zone de dreapta paralelă cu axa străzii și care trece prin proiecția pe planul orizontal a centrului optic al corpului de iluminat ($b_1 = 9$ m și $b_2 = 1$ m). Pentru $h = 9$ m se obține din curba coeficientului de utilizare :

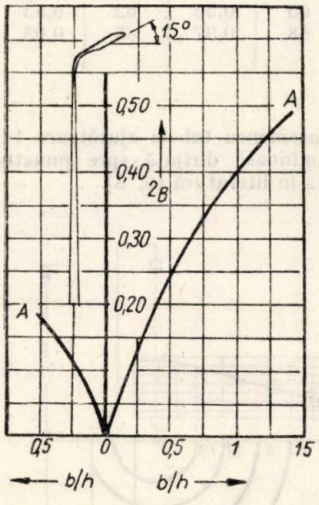


Fig. 13. Curba coeficientului de utilizare pentru un corp de iluminat cu repartiție asimetrică a fluxului luminos, echipată cu o LVM de 250 W.

$$\frac{b_1}{h} = \frac{9}{9} = 1, \text{ de unde rezultă } \eta_{i1} = 0{,}40$$

$$\frac{b_2}{h} = \frac{1}{9} = 0{,}11, \text{ de unde rezultă } \eta_{i2} = 0{,}05$$

$$\text{Total } \eta_i = 0{,}45$$

La un flux al lămpii (Φ_e) de 10 000 lm, o distanță de 40 m între stîlpi și un coeficient de depreciere de 0,7, rezultă o iluminare medie :

$$E_m = \frac{\Phi_e \cdot \eta_i \cdot k}{S} = \frac{10\,000 \cdot 0{,}45 \cdot 0{,}7}{10 \times 40} = 7{,}9 \text{ lx},$$

unde S este suprafața de stradă cuprinsă între două corpuri de iluminat.

Prin determinarea iluminării minime și maxime și stabilirea coeficienților de neuniformitate se pot afla caracteristicile luminotehnice ale instalației proiectate sau realizate. Punctele de iluminare maximă și minimă se pot afla relativ ușor din poziția corpului de iluminat.

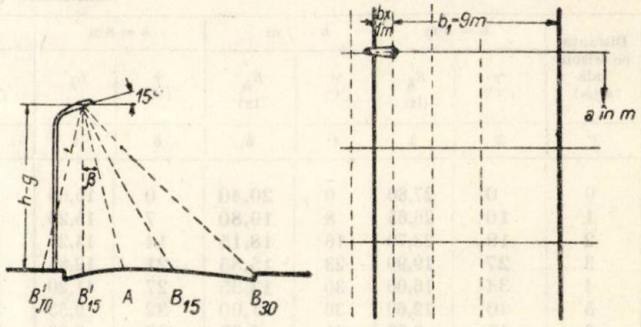


Fig. 14. Schemă pentru calculul iluminării medii.

Calculul iluminării medii prin metoda punct cu punct este mult mai greoi, deoarece necesită determinarea iluminării în numeroase puncte și calcularea mediei aritmetice a valorilor aflate.

5. Calculul strălucirii

Unul dintre aspectele mult discutate în literatura de specialitate privind iluminatul străzilor este acela al strălucirii diferitelor elemente ale instalației ; există păreri că strălucirea trebuie considerată drept element principal în aprecierea calității unei instalații de iluminat, și nu iluminarea cum se face în prezent.

Pe o stradă bine iluminată, conducătorul unui vehicul trebuie să poată distinge obiectele pe care le întîlnește în cale fără să utilizeze farurile mașinii. Aceasta se realizează dacă sînt satisfăcute următoarele condiții :

— strălucirea obiectului diferă suficient de mult de strălucirea fondului, care în cazul de față este format de suprafața străzii ;

— dimensiunile obiectului sînt suficient de mari ;

— conducătorul are suficient timp pentru a percepe obiectul.

Vizibilitatea este de asemenea determinată de sensibilitatea de contrast, de acuitatea vizuală și de timpul de acomodare. Toți acești factori depind în cea mai mare și directă măsură atît de valoarea absolută a strălucirii acoperămîntului străzii cît și de distribuția ei.

În condițiile circulației nocturne se întîlnesc situații foarte neplăcute din punct de vedere al strălucirii. Astfel, după cum arată Lossagk, pe o stradă asfaltată, udă, se pot întîlni străluciri ale căror valori sînt între ele în raport de 1 : 1 000 000 [21]. Iată cîteva exemple :

— cer închis	0,1 asb
— zonele întunecoase ale șoselei	0,15 — 0,2 asb
— pete luminoase de pe șosea (zone de reflecție dirijată)	750 — 1 000 asb
— corpul de iluminat	120 000 asb.

În cele ce urmează se va arăta o metodă simplă de calcul al strălucirii acoperămîntului unei străzi ; astfel, proiectantul va putea verifica calitatea instalației comparînd între ele strălucirea străzii cu aceea a corpului de iluminat.

Se știe că, pentru o direcție de observare anumită, strălucirea unei suprafețe de stradă este proporțională cu iluminarea. Fie ca pentru o iluminare de 1 lx, venind dintr-o anumită direcție, strălucirea măsurată într-o altă direcție să aibă valoarea de q cd/m². Acest factor q a fost numit de Cohu și Bergmann „coeficient de strălucire" pentru direcția corespunzătoare a razei incidente și reflectate [17]. După cum se vede din figura 15, aceste direcții sînt definite de unghiul de incidență al razei luminoase, γ, de unghiul pe care-l face raza vizuală a observatorului cu verticala, α, și de unghiul β între proiecțiile orizontale ale dreptelor OP și OL. Funcția $q = f(\alpha, \beta, \gamma)$ ar trebui reprezentată sub formă tabelară pentru toate valorile uzuale ale unghiurilor α, β și γ, ca și pentru

diferitele feluri de pavaje utilizate. Experienţa a arătat însă că pentru zona situată la o distanţă de 50—100 m de observator (zonă spre care este concentrată de obicei atenţia acestuia), deci pentru unghiul α cuprins între 88—89,5°, q poate fi considerat independent de α, deci $q = f(\beta, \gamma)$ la

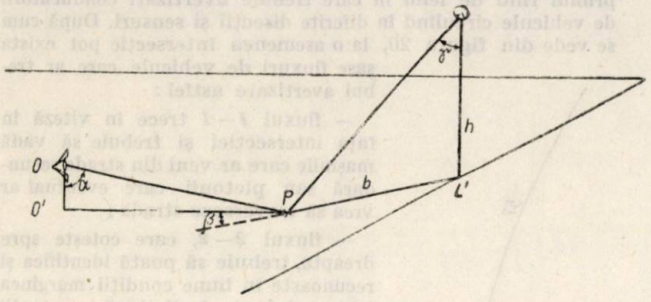


Fig. 15. Figură pentru definirea unghiurilor α, β, γ.

$\alpha = 89°$. Pentru o înălţime fixă a corpului de iluminat se poate scrie $q = f(\beta, b)$, unde b înlocuieşte unghiul γ (fig. 17).

În figura 16 se prezintă, după J.B. de Boer ş.a. [12], o diagramă în care se exprimă caracteristicile reflectante ale acoperămîntului străzii în funcţie de q. Ochiul observatorului este situat la o înălţime de 1,50 m deasupra punctului O', iar punctul P la 150 m în faţa acestuia. Dacă se menţine fixă înălţimea corpului de iluminat şi se variază atît poziţia sa cît şi intensitatea luminoasă pe care o emite pentru a se realiza în P o iluminare constantă (1 lx) se poate obţine diagrama din figura 16 unind punctele în care — în aceste condiţii — se măsoară din O în P aceeaşi strălucire. Se obţin astfel o serie de curbe care reprezintă poziţiile corpului de iluminat în care acesta realizează acelaşi coeficient de strălucire în direcţia $P\,O$.

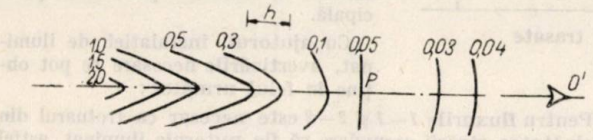


Fig. 16. Diagramă reprezentînd caracteristicile de reflecţie ale acoperămîntului străzii. Curbele reprezintă proiecţiile poziţiilor corpului de iluminat pentru care punctul P are acelaşi „coeficient de strălucire" q, pentru un observator situat în O'. Planul pe care e construită diagrama este chiar suprafaţa străzii şi ea poate fi utilizată atunci cînd distanţa între O' şi P este mai mare decît de 40 ori înălţimea ochiului observatorului deasupra planului orizontal.

Diagrama capătă un caracter mai general dacă se construieşte la o scară arbitrară, folosind înălţimea de fixare a corpului de iluminat drept unitate de măsură (h în fig. 16). În acest fel pentru fiecare poziţie a lămpii există o valoare determinată pentru unghiurile γ şi β. Efectul variaţiilor unghiului α asupra valorii coeficientului q pentru distanţa $OP > 60$ m este neglijabil. După cum se vede din diagrama prezentată în figura 16, valorile coeficientului q vor fi mari pentru poziţii d părtate ale corpului de ilum nat (lucru cunoscut din curbele caracteristicilor de reflecţie ale acoperămîntului străzilor). Iluminarea orizontală pe care o dau aceste corpuri de iluminat îndepărtate, în punctul P, este însă foarte slabă ; iată de ce contribuţia corpurilor de iluminat depărtate la strălucirea totală în punctul P privit din O este redusă, cu toată valoarea ridicată a coefcientului q. Ţinînd seamă că strălucirea observată în punctul P este $q\left(\frac{I}{h^2}\right)\cos^3\gamma$, s-a construit o nouă diagramă, care de astă dată indică poziţiile corpului de iluminat pentru care expresia $q\cos^3\gamma$ este constantă (fig. 17). Această diagramă serveşte direct pentru calculul strălucirii.

Iată un exemplu de calcul al strălucirii în punctul P, al unei străzi late de 24 m, iluminată axial cu două corpuri de iluminat, suspendate la 8 m înălţime.

a) Se trasează pe calc la aceaşi scară (unitatea de măsură fiind înălţimea de suspensie a corpului de iluminat — h) vederea în plan a străzii cu poziţia lămpilor (fig. 18), notîndu-se totodată poziţia punctului de observat, ca şi aceea a observatorului, implicit deci direcţia de observare.

b) Se suprapune planul străzii peste diagrama din figura 17, astfel ca punctul de observat să coincidă cu P, iar direcţia de observare cu axa de simetrie a figurii 17.

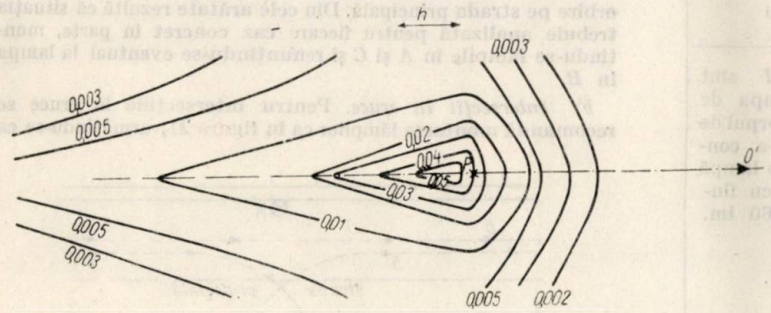


Fig. 17. Diagrama cunoscută sub numele de „diagrama E.P." (E.P. — „equivalent positions"). Curbele reprezintă proiecţiile poziţiei corpului de iluminat pentru care produsul $q\cos^3\gamma$ pentru punctul P privit din O are valoarea indicată pe fiecare curbă. Diagrama poate fi utilizată pentru distanţe $O'P$ mai mari decît de 40 × înălţimea ochiului observatorului (> de 60 m).

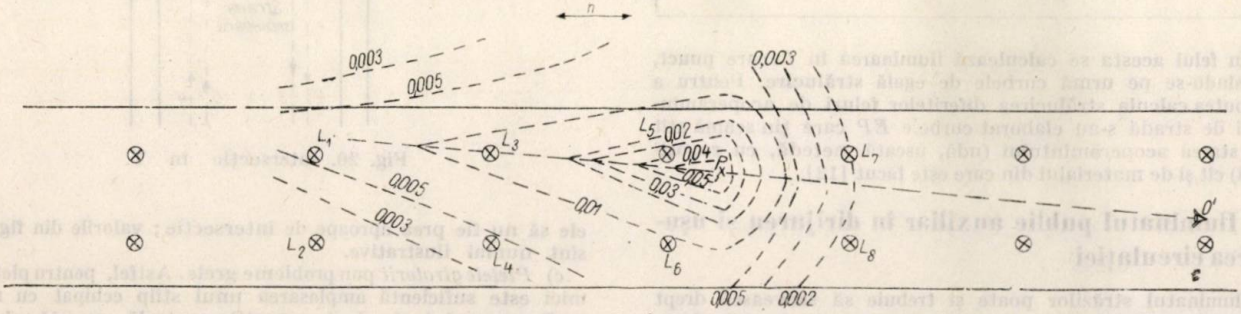


Fig. 18. Vederea în plan a străzii.

c) Se întocmește tabela 15, în care se trec următoarele :

— În coloana 2 expresia $q \cos^3 \gamma$, citită direct de pe diagrama peste care s-a suprapus vederea în plan a străzii (fig. 18).

— În coloana 3 valoarea intensităților luminoase dirijate de la fiecare dintre lămpile L1 —L8 spre punctul de calcul ; în acest scop și pentru evitarea de calcule laborioase se trasează la aceeași scară curbele izocandele în felul arătat în figura 19.

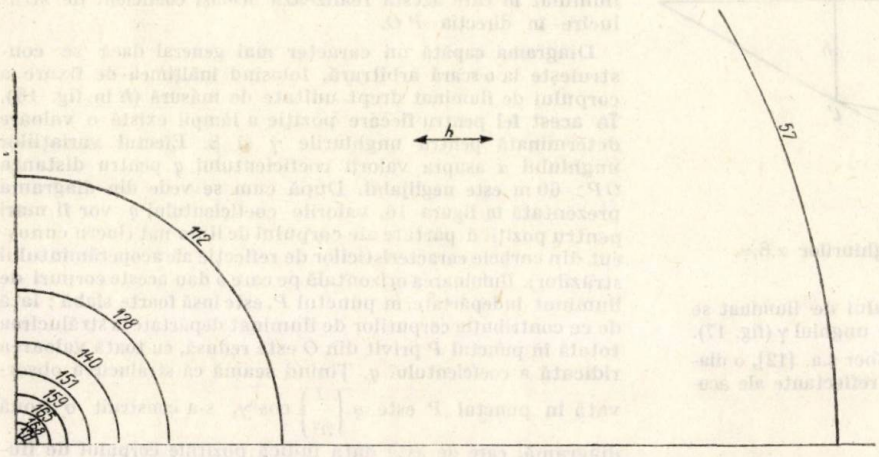


Fig. 19. Curbele izocandele ale unui corp de iluminat C 300 trasate la scara $h = 8$ cm.

— În coloana 4 se trece produsul valorilor corespunzătoare din coloanele 2 și 3, ținînd seama de relația care indică aportul fiecărui corp de iluminat la strălucirea totală calculată în punctul P :

$$\Delta B = q \frac{I \cos^3 \gamma \cdot \Phi_e}{h^2 \cdot 1\,000},$$

Tabela 15

Calculul strălucirii acoperămîntului străzii în punctul P din figura 18

Nr. lămpii	$q \cos^3\gamma$ în P	$I \rightarrow P$	$h^2 \Delta B$	Observații
L1	0,006	62	0,372	Valorile lui I sînt pentru lampa de 1000 lm. Corpul de iluminat s-a considerat cu o lampă de 300 W cu fluxul de 4 260 lm.
L2	0,001	62	0,062	
L3	0,014	111	1,156	
L4	0,005	110	0,550	
L5	0,035	154	5,400	
L6	0,010	138	1,380	
L7	0,002	128	0,256	
L8	0,002	125	0,250	

$$\sum h^2 \Delta B = 9{,}426$$

$h = 8$ m $\qquad B = \dfrac{9{,}426 \times 4\,260}{64 \times 1000} = 0{,}63$ cd/cm

În felul acesta se calculează iluminarea în fiecare punct, trasîndu-se pe urmă curbele de egală strălucire. Pentru a se putea calcula strălucirea diferitelor feluri de acoperăminturi de stradă s-au elaborat curbele EP care țin seamă atît de starea acoperămîntului (udă, uscată, netedă, cu rugozități) cît și de materialul din care este făcut [12].

6. Iluminatul public auxiliar în dirijarea și ușurarea circulației

Iluminatul străzilor poate și trebuie să servească drept element auxiliar important în asigurarea unei bune circulații. Acesta se poate realiza în primul rînd printr-o iluminare corespunzătoare a diferitelor intersecții sau piețe pe care le întîlnește conducătorul de vehicule în calea sa.

Iată cîteva indicații pentru iluminatul intersecțiilor :

a) *Intersecții în T.* Pentru realizarea unei bune iluminări la o asemenea intersecție este necesar să se țină seamă în primul rînd de felul în care trebuie avertizați conducătorii de vehicule circulînd în diferite direcții și sensuri. După cum se vede din figura 20, la o asemenea intersecție pot exista șase fluxuri de vehicule care ar trebui avertizate astfel :

— fluxul *1—1* trece în viteză în fața intersecției și trebuie să vadă mașinile care ar veni din strada secundară sau pietonii care eventual ar vrea să traverseze strada ;

— fluxul *2—2*, care cotește spre dreapta, trebuie să poată identifica și recunoaște în bune condiții marginea trotuarului și să distingă eventualii pietoni care ar traversa strada secundară ;

— fluxul *3—3* necesită aceleași condiții ca și *2—2* ;

— fluxurile *4—4* și *5—5* trebuie avertizate că strada secundară se termină și conducătorul de vehicul trebuie să cotească pe strada principală.

Cu ajutorul instalației de iluminat, avertizările necesare se pot obține în felul următor :

Pentru fluxurile *1—1* și *2—2* este necesar ca trotuarul din vecinătatea străzii secundare să fie puternic iluminat, astfel ca suprafața întunecoasă a acestuia să capete o strălucire relativ ridicată ; totodată, corpul de iluminat folosit în acest scop trebuie astfel amplasat, încît bordura să creeze umbre nete. În acest scop, cea mai indicată poziție este aceea notată cu C în fig. 20. Pentru fluxurile *6—6* și *3—3*, un rol exact analog îl are lampa în B. Fluxurile *5—5* și *4—4* au nevoie de lampa în A pentru a fi avertizate de existența străzii principale. Între ele însă, prin umbrele pe care le provoacă, aceste lămpi se influențează reciproc nefavorabil, iar lampa în A dacă nu are fluxul bine dirijat, produce fenomene de orbire pe strada principală. Din cele arătate rezultă că situația trebuie analizată pentru fiecare caz concret în parte, montîndu-se lămpile în A și C și renunțîndu-se eventual la lampa în B.

b) *Intersecții în cruce.* Pentru intersecțiile în cruce se recomandă montarea lămpilor ca în figura 21, urmărindu-se ca

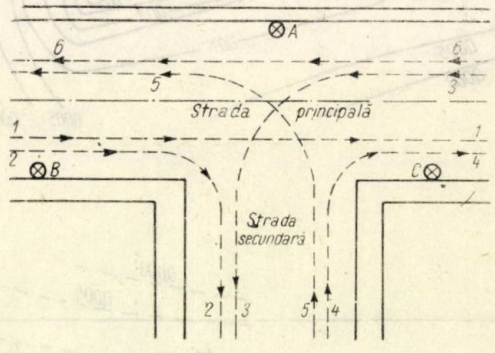


Fig. 20. Intersecție în T.

ele să nu fie prea aproape de intersecție ; valorile din figură sînt numai ilustrative.

c) *Piețele giratorii* pun probleme grele. Astfel, pentru piețele mici este suficientă amplasarea unui stîlp echipat cu mai multe corpuri de iluminat pe pastila centrală ; această soluție deși nu este ideală, satisface totuși cerințele.

Iluminatul pieţelor mari se rezolvă în general montînd un rînd de stîlpi pe marginea pastilei centrale, astfel încît ei să ilumineze bordura pastilei lăsînd în umbră suprafaţa ei, care este suprainălţată faţă de planul străzii. Stîlpii pozaţi pe pastila centrală trebuie astfel amplasaţi încît ei să fie în

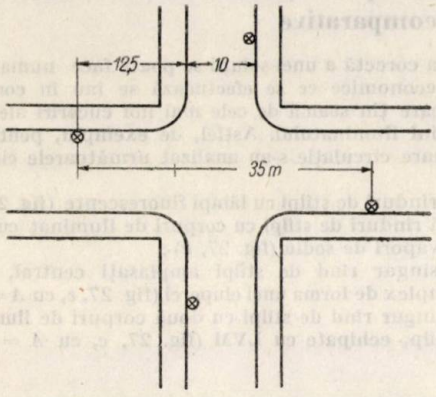


Fig. 21. Iluminatul unei intersecţii în cruce.

centrul cîmpului vizual al conducătorului de vehicul care se apropie de piaţă. Aceasta înseamnă cîte un loc de lampă pentru fiecare stradă care debuşează în piaţă, cu excepţia pieţelor neregulate, unde eventual un loc de lampă poate servi pentru două străzi.

În figura 22 se prezintă un exemplu de piaţă giratorie iluminată.

Trebuie menţionat totodată că, în cazul utilizării lămpilor cu xenon, pieţele se ilumineză, de obicei, cu un singur stîlp amplasat în centrul pieţei.

d) *Iluminatul curbelor* cere, de asemenea, o deosebită atenţie, deoarece stîlpii trebuie amplasaţi de-a lungul părţii exterioare a acesteia. Distanţa dintre stîlpi trebuie redusă faţă de valorile obişnuite la aproximativ 1,5 ori înălţimea de suspensie a corpurilor de iluminat (fig. 23).

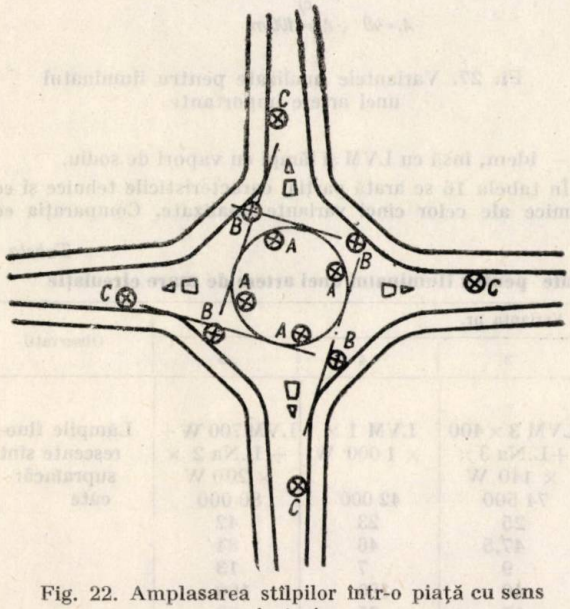


Fig. 22. Amplasarea stîlpilor într-o piaţă cu sens giratoriu.

După cum s-a mai arătat, dispoziţia corpurilor de iluminat poate servi de asemenea pentru ghidarea circulaţiei. În această direcţie s-au obţinut rezultate foarte bune îndeosebi cu lămpile fluorescente montate longitudinal cu axul străzii. Astfel, la intersecţii, lămpile fluorescente de pe străzile perpendiculare par transversale. Folosind această situaţie, s-a creat un întreg sistem de control al circulaţiei cu ajutorul unor lămpi de diferite forme (obţinute de obicei din asamblarea de lămpi simple) şi culori. Astfel, de exemplu, o lampă roşie avînd forma unui semn plus poate indica sens interzis. În figura 24 se

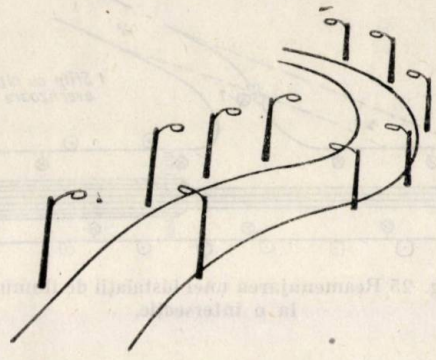


Fig. 23. Iluminatul unor curbe.

arată cîteva exemple de asemenea semne de circulaţie cu lămpi fluorescente montate longitudinal [22].

În literatură se mai descriu numeroase situaţii în care amenajarea unei bune instalaţii de iluminat a dus la scăderea sau reducerea totală a accidentelor de circulaţie.

Iată cîteva exemple tipice relatate de o revistă de specialitate din străinătate [22]:

a) La o intersecţie în unghi ascuţit se întîmplau numeroase accidente (fig. 25 punctat). Cu ocazia unei modernizări, traseul străzii a fost schimbat şi face acum un unghi drept cu strada principală. În noua situaţie se întîmpla des ca maşi-

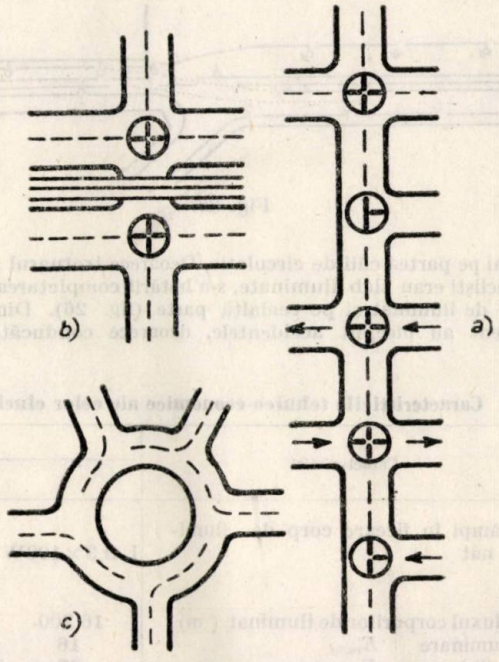


Fig. 24. Ghidarea circulaţiei cu lămpi fluorescente montate longitudinal:

a – arteră cu diferite intersecţii; *b* – intersecţie la o arteră cu dublu sens; *c* – piaţă cu sens giratoriu.

nile care veneau de pe strada laterală să urce pe trotuar, în loc să facă curba la stînga. Această situaţie a fost remediată prin montarea stîlpului nr. 1, care, pe lîngă un corp de iluminat, are şi o săgeată de direcţie.

b) O stradă a fost lărgită şi modernizată astfel ca în loc de un fir de circulaţie să aibă două fire. Pe traseul ei exista o porţiune comună cu o grădină publică care urma să devină într-o etapă ulterioară o staţie de parcare ; pe această porţiune, strada era iluminată numai pe o singură parte, şi anume pe

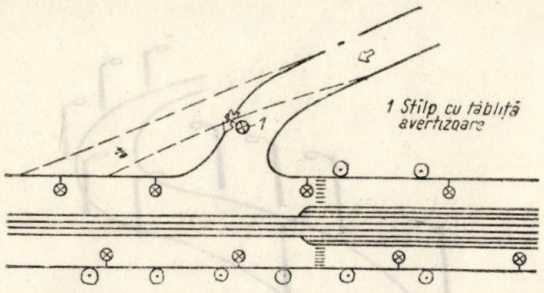


Fig. 25 Reamenajarea unei instalaţii de iluminat la o intersecţie.

acea opusă grădinii. În această situaţie se întîmplau numeroase accidente, deoarece automobiliştii care veneau pe firul de circulaţie de pe partea grădinii, cînd ajungeau în dreptul ei, deci pe porţiunea slab iluminată, virau spre stînga, unde dădeau peste şinele de tramvai sau vehiculele ce veneau în sens contrar. S-au încercat diverse soluţii intermediare, ca montarea de pietre reflectante pe porţiunea neiluminată şi altele, totuşi situaţia nu a fost remediată pînă nu s-a completat iluminatul şi pe această porţiune.

c) Un alt caz în care o instalaţie de iluminat necorespunzătoare poate deveni periculoasă este următorul : o stradă care urma să fie lărgită pentru două fire de circulaţie a rămas neterminată, şi anume cu un singur fir de circulaţie pe care era şi tramvaiul. Pe terenul afectat celuilalt fir de circulaţie s-au amenajat un trotuar şi o alee de cicliști. Iluminarea era

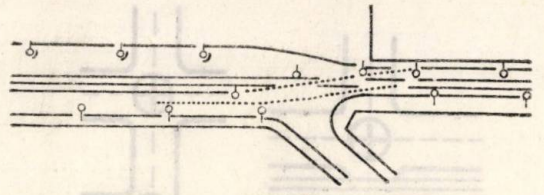


Fig. 26.

numai pe partea căii de circulaţie. Deoarece trotuarul şi aleea de cicliști erau slab iluminate, s-a hotărît completarea instalaţiei de iluminat şi pe cealaltă parte (fig. 26). Din acest moment au început accidentele, deoarece conducătorii de vehicule aveau impresia că strada se continuă şi în zona în care ea de fapt era trotuar şi alee de cicliști. Măsura luată a fost aceea de a se obtura lămpile montate de privirile conducătorilor de vehicule.

7. Cîteva aspecte privind calculele tehnico-economice comparative

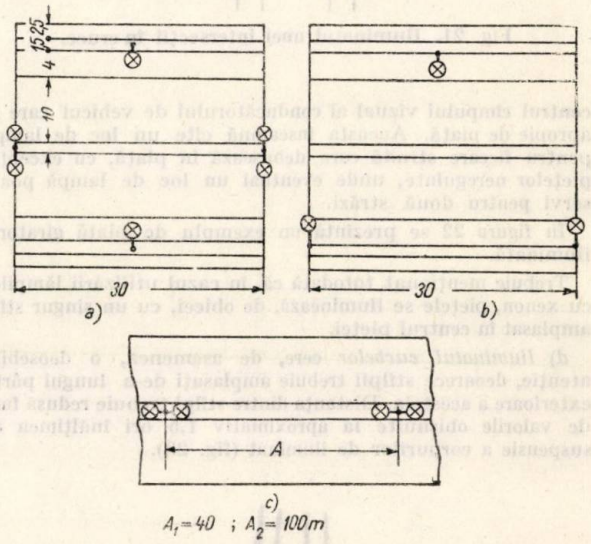
Alegerea corectă a unei soluţii se poate face numai dacă la calculele economice ce se efectuează se iau în considerare variante care ţin seamă de cele mai noi cuceriri ale tehnicii în domeniul iluminatului. Astfel, de exemplu, pentru o arteră de mare circulaţie s-au analizat următoarele cinci variante :

— trei rînduri de stîlpi cu lămpi fluorescente (fig. 27, *a*) ;

— două rînduri de stîlpi cu corpuri de iluminat cu LVM şi lămpi cu vapori de sodiu (fig. 27, *b*) ;

— un singur rînd de stîlpi amplasaţi central, folosind corpul complex de forma unei ciuperci (fig. 27, *c*, cu $A = 40$ m) ;

— un singur rînd de stîlpi cu două corpuri de iluminat pe fiecare, stîlp, echipate cu LVM (fig. 27, *c*, cu $A = 100$ m) ;



Fi. 27. Variantele analizate pentru iluminatul unei artere importante.

— idem, însă cu LVM şi lămpi cu vapori de sodiu.

În tabela 16 se arată parţial caracteristicile tehnice şi economice ale celor cinci variante analizate. Comparaţia eco-

Tabela 16

Caracteristicile tehnico-economice ale celor cinci variante analizate pentru iluminatul unei artere de mare circulaţie

Caracteristici	Varianta nr. 1	2	3	4	5	Observaţii
Lămpi în fiecare corp de iluminat	L.fl.3 × 100W	LVM 1 × × 250 + L.Na. × 140W	LVM 3 × 400 + L.Na 3 × × 140 W	LVM 1 × × 1 000 W	LVM 700 W + + L.Na 2 × × 200 W	Lămpile fluorescente sînt supraîncărcate
Fluxul corpurilor de iluminat (m)	16 200	22 500	74 500	42 000	80 000	
Iluminare E_{med}	16	33	25	23	42	
(lx) E_{max}	37	70	47,5	46	84	
E_{min}	7	15	9	7	13	
Distanţa între stîlpi (m)	30	30	40	100	100	
Înălţimea stîlpilor (m)	8	10	15	25	25	
Lămpi ce rămîn în funcţiune în orele de circulaţie redusă	1 × 100 W	L.Na.1 × × 140 W	L.Na.3 × × 140 W	Nu se poate reduce	L.Na.2 × × 140 W	
Cheltuieli de investiţii totale (%)	100 %	77 %	69 %	35 %	40 %	
Cheltuieli de exploatare totale (%)	100 %	60 %	69 %	44 %	50 %	

nomică, așa cum este ea expusă în literatură, este foarte detaliată, cheltuielile fiind defalcate pe capitole. Astfel, de exemplu, cheltuielile de exploatare se compun din : cheltuieli de întreținere (curățire, reparații etc.), cheltuieli legate de înlocuirea lămpilor și cheltuieli legate de consumul de energie (ținîndu-se seamă de reducerea din orele de noapte).

Din acest exemplu se pot trage cîteva concluzii deosebit de importante :

— Soluțiile 4 și 5, care au cea mai mare putere instalată, însă un singur rînd de stîlpi la distanțe mari, sînt cele mai avantajoase din punct de vedere economic și tehnic (iluminarea cea mai mare).

Valorile ridicate ale nivelelor de iluminare realizate se justifică ținînd seamă că o activitate vizuală normală cere o iluminare de 800—1 000 lx, cifre cu mult depășite de iluminatul natural din timpul zilei. Față de această situație și ținînd seamă de continua creștere a circulației și a vitezei, se iau în considerare pentru viitor valori foarte ridicate ale nivelelor de iluminare. În tabela 18 se arată valorile iluminărilor minime pentru diverse tipuri de străzi, prezentate la simpozionul pentru raționalizarea consumului de energie ținut la Varșovia în mai 1962 [24].

Dacă se ține seamă de factorul de uniformitate 1: 3, rezultă că străzile principale pot ajunge la o iluminare medie de

Tabela 17

Date tehnice privind realizări interesante

Caracteristici	Autostradă (1953)	Autostradă (1962)	Autostradă (1961)	Bulevard	Piață dintr-un mare oraș	Stradă principală dintr-un oraș	Piață dintr-un oraș mare	Observații
Înălțimea c. i. (m)	13	12	12,50	8	16	20—22	30 un singur stîlp	Datele din această tabelă sînt culese din [24,25,26]
Distanța între stîlpi (m)	51	35—40	35	28	13	50—60	L. xenon	
Surse luminoase pe stîlp	L.V.M. 2×250 W	L.V.M. 2 × 400	L.Na 2×4×140 W	L.V.M. 4×0×240 W	L.V.M. 700 W	L.V.M. 5×700 W	3×20 000W +LVM 6× × 400 W	
Fluxul pe c. i. (lm)	19 000	38 00	88 000	30 000	34 000	170 000	1 700 000	
Iluminarea (lx)	19	41—37	96	22	20	—	~40	

— Trebuie analizate la orice comparație de acest fel și soluțiile aparent neuzuale (de exemplu 4 și 5), alegerea fixîndu-se la urmă, bineînțeles, în funcție de condițiile concrete.

— Pentru a se putea întocmi un calcul economic corect, este necesar să se cunoască precis pentru condițiile concrete ale exploatării respective toate componentele cheltuielilor de exploatare, care, după cum se știe, nu rezultă uneori suficient de clar din scriptele contabile.

8. Realizări și perspective

În cadrul acestui articol nu intră descrierea numeroaselor instalații de iluminat public tehnic interesante realizate în ultimii ani. Pentru a se arăta însă care sînt tendințele în această direcție, îndeosebi în ceea ce privește nivelele de iluminare realizate, ca și puterile unitare din ce în ce mai mari instalate în fiecare punct luminos, s-a întocmit tabela 17, în care se prezintă caracteristicile tehnice ale cîtorva șosele de mare circulație și piețe importante.

După cum se vede, tendințele sînt clare :
— nivele de iluminare ridicate (50—100 lx) ;
— puteri unitare instalate mari ;
— distanțe mari între stîlpi (de ordinul a 50 m) ;
— stîlpi înalți (de ordinul a 15 m).

Tabela 18

Valorile iluminărilor minime pentru diverse tipuri de străzi

Tipul străzii	Acoperămînt de culoare deschisă (ciment, etc.) (lx)	Acoperămînt de culoare închisă (pavaj, macadam etc.) (lx)
Străzi principale de mare trafic	30—50	50—100
Străzi cu trafic intens	20—40	30— 60
Străzi cu trafic mediu	10—20	20—35
Străzi cu circulație redusă	8—10	10—20
Străzi secundare		2— 8

90—150 lx pentru acoperămînt închis, respectiv 150 — 300 lx pentru cele cu acoperămînt deschis.

Aplicarea acestor norme ar duce la o creștere considerabilă a consumului de energie. Astfel, dacă se folosesc valorile din tabela 16 (varianta 5) , unde pentru realizarea unei iluminări medii de 42 lx este necesară o putere instalată de 22 kW/km, rezultă că pentru a se realiza o iluminare medie, de 200 lx, ar fi necesară o putere de peste 100 kW/km, ceea ce reprezintă o valoare de care trebuie să se țină seamă în ansamblul consumului urban.

Bibliografie

[1] x x x Ministerul Minelor și Energiei Electrice, Departamentul Energiei Electrice. *Prescripția nr. 23—61. Prescripții pentru iluminatul străzilor.* Ed. II-a. ICSE 1961.

[2] Riabov, M. I. *Novie normi iskustvenovo osvesčenia.* În : Svetotehnika, **4**, nr. 5, mai 1958, p. 1—12.

[3] Ostrovski, M. A. *Sovremenoe sostoianie i perspektivi razvitia narujnovo osvesčenia gorodov.* În : Svetotehnika, **3**, nr. 8, aug. 1957, p. 7—12.

[4] Koriaghin, V. G. *Osvescenie ulic Parija.* În : Svetotehnika, **6**, nr. 4, aprilie 1960, p. 21—26.

[5] Trembaci, V. V. *Svetilniki.* G. E. I. Moscova-Leningrad, 1958.

[6] * * * *Manualul inginerului electrician*, vol. V. București Editura tehnică, 1957, p. 111—122.

[7] Iansen, Joh. *Technique de l'éclairage*, vol. I. Biblioteca tehnică Philips, 1956.

[8] Gheorghiu, N. și Militaru, P. *Iluminatul electric.* Editura tehnică, 1952.

[9] Merry, Cohu. *Rayonnement, photométrie et éclairage.* Ed. Gauthier — Villars. Paris, 1949.

[10] Schleiss, R. *Blendungsfreie Strassenbeleuchtung.* În : ETZ —B, **13**, nr. 18, mai 1961, p. 494—498.

[11] De Boer, J. B. *Strălucirea străzii și lipsa de orbire ca unități practice de măsură pentru calitatea iluminatului public.* În : Lichttechnik, **10**, nr. 7, iulie 1958, p. 359—363.

[12] De Boer, J. B., Oñate, V. şi Ostrijck, A. *Practical methods for measuring and calculating the luminance of road surfaces.* În: Philips Research Reports, **7**, februarie 1952, p. 54—76.
[13] * * * *Aussenleuchten* — catalogul firmei Schanzenbach, ed. 1959.
[14] Trembaci, V. V. *Svetilniki s mocinîmi ksenonovîm lampami.* În: Svetotehnika, **7**, nr. 8, august 1961, p. 1—7.
[15] Iaedicke, W. *Methoden der Beleuchtungsberechnung.* În: Lichttechnik, **7**, nr. 2, februarie 1955, p. 84.
[16] Schubert H., *Berechnung der mittleren horizontalen Beleuchtungsstarke für Mastansatzleuchten mit Zweirichtungsspiegel.* În: Der Elektro-Praktiker, **15**, nr. 3, martie 1961, p. 87—89.
[17] Cohu, M., *Premiers résultats des essais effectués par la Societé pour le perfectionnement de l'éclairage pour la détermination des caractéristiques réfléchissantes des divers revêtements utilisés dans les voies publiques.* În: RGE, **37**, 1935, p. 755—767.
[18] Zilberblatt, Ia. B. şi Koriaghin, V. G. *Corp de iluminat suspendat cu lămpi cu fluorescenţă pentru iluminatul străzilor de clasa I şi II.* În: Svetotehnika **4**, nr. 10, 1958, p. 8—12.
[19] * * * *IES Lighting Handbook*, ed. III, publicat de IES, 1959, cap. 8.
[20] Schmidt, W. şi Lehmann, T. *A large area luminaire with xenon lamps of high loading.* În: Light and Lighting, nr. 1, 1959, p. 24—26.
[21] Riemann E., *Das Sehen auf der Strasse.* În: Der Electro-Praktiker, **15**, nr. 3, 1961, p. 73—75.
[22] von Stein, W. *Guida visiva de la circolazione stradale.* În: Rivista Internationale d'Illuminazione IX nr. 4, p. 126—133.
[23] Aberger, H. D. *Lichttechnische und wirtschaftliche Probleme bei der Beleuchtung von Hauptverkers — Strassen.* În: Lichttechnik, **13**, nr. 12, dec. 1961, p. 601—604.
[24] Lino, Richard. *Utilisation rationelle de l'energie électrique dans les installations d'éclairage public.* Raport ţinut la simpozionul pentru raţionalizarea consumului de energie electrică din 22—25 mai 1962.
[25] Sagouit, H. *Nouvel éclairage public des vieux boulevards.* În: Lux nr. 17, 1962, p. 84—86.
[26] Trappen, E. *Die Beleuchtung neuzeitlicher Verkehrswege.* În: ETZ— B, 14, nr. 11, 1962, p. 305—307.

MUNCITORI TEHNICIENI INGINERI —

Editura tehnică publică cărţi tehnice în următoarele domenii ale tehnicii şi ştiinţelor aplicate: metalurgie, construcţii de maşini şi utilaje, energetică, electrotehnică, automatică, electronică industrială, radio, televiziune, telecomunicaţii cu fir, chimie, industrie chimică, geologie, mine, petrol şi gaze, construcţii, materiale de construcţii, instalaţii, industria lemnului, industrie uşoară, industrie alimentară, transporturi, matematică, fizică, dicţionare-lexicoane, arhitectură.

Cărţile apărute în Editura tehnică se pot procura:

• DIN LIBRĂRIILE DE LA ORAŞE ŞI SATE
• PRIN MAGAZINELE COOPERAŢIEI DE CONSUM
• PRIN DIFUZORII DE CĂRŢI DIN ÎNTREPRINDERI ŞI INSTITUŢII
• PRIN DIFUZORII DE CĂRŢI DIN COMUNE ŞI SATE

PENTRU A CONTRIBUI LA ÎMBUNĂTĂŢIREA ACTIVITĂŢII EDITORIALE CU PRIVIRE LA LITERATURA TEHNICĂ, TRIMITEŢI OBSERVAŢIILE ŞI PROPUNERILE DVS. LA:

EDITURA TEHNICA

Str. ŞTIRBEI VODĂ Nr. 37
RAIONUL „16 FEBRUARIE"
BUCUREŞTI

E 2039

CUPRINSUL REVISTEI ENERGETICA

Volumul 10, 1962

1. Articole de fond şi redacţionale

1. În pragul anului 1962, nr. 1, p. 1—2.

2. Articole economice şi tehnico-organizatorice

1. *Răduleţ, R.*: Comisia electrotehnică internaţională (CEI) cu prilejul reuniunii ei generale de la Bucureşti, 24 iunie — 7 iulie 1962, nr. 6, p. 217—219.
2. *Costin, E.* şi *Grigoriu, G.*: Determinarea eficacităţii economice a instalării surselor de putere reactivă în sistemele energetice, nr. 7, p. 280—289.
3. *Renţea, D.* şi *Goldemberg, C.*: Unele aspecte ale măririi eficienţei economice în termoenergetică, nr. 7, p. 297—302.
4. *Buhuş, P.*: Regimuri economice de funcţionare în paralel a transformatoarelor cu trei înfăşurări, nr. 8, p. 319—325.
5. *Marcu, B., Moldoveanu, N.* şi *Popescu, Gh.*: Lucrările simpozionului de sub egida CEE—O.N.U: „Utilizarea raţională a energiei electrice". Varşovia, mai 1962, nr. 9, p. 361—378.

3. Energetică generală

1. *Levai, A.*: Încadrarea centralelor electrice noi, în special a centralelor atomoelectrice, în sistemul electroenergetic, nr. 1, p. 3—9.
2. *Cogălniceanu, A.* şi *Badea, I. A.*: Influenţa uzinelor hidroelectrice asupra consumului de combustibil al centralelor termoelectrice din sistemul energetic, nr. 3, p. 89—96.

4. Termoenergetică

1. *Colţ, Gh.*: Stadiul actual al folosirii turbinelor cu gaze în U.R.S.S., nr. 2, p. 41—45.
2. *Iliescu, T.* şi *Grosz, I.*: Probe de funcţionare cu vid înrăutăţit la TA 1 de 2 500 kW din Arad, nr. 3, p. 116—120.
3. *Dinculescu, C.* şi *Pimsner, V.*: Aspecte energetice ale dezvoltării turbinelor cu gaze, nr. 4, p. 133—138.
4. *Mihăileanu, C.* şi *Cserveny, I.*: Determinarea momentului GD^2 la grupuri turbogeneratoare prin metoda separării pierderilor la mers în gol, nr. 5, p. 205—209,
5. *Trifu, C.*: Acţionarea pompelor de alimentare în centralele electrice de mare putere, nr. 7, p. 289—297.
6. *Ungureanu, C.*: Pulverizarea combustibililor cu ajutorul injectoarelor pneumatice de joasă presiune, nr. 8, p. 313—319.
7. *Grosz, I.*: Punctul de rouă şi problemele coroziunii suprafeţelor de recuperare de la sfîrşitul cazanului, nr. 9, p. 383—388.
8. *Dinulescu, C.*: Erori posibile în exploatarea turbinelor cu abur, nr. 10, p. 409—416.
9. *Ungureanu, C.*: Alcalinizarea cu amoniac a apei de alimentare pentru prevenirea coroziunii la cazanele de înaltă presiune, nr. 10, p. 420—424.
10. *Stăncescu, I. D.* şi *Voinea, M.*: Rolul termoficării în energetica Republicii Populare Romîne, nr. 11, p. 463—470.
11. *Pănoiu, N., Carabogdan, I., Singer, G., Nistor, I.* şi *Ionescu, C.*: Consideraţii privind arderea lignitilor în R.P.R., nr. 11, p. 470—475.
12. *Dinulescu, C.*: Soluţii posibile pentru reglarea temperaturii de supraîncălzire în cazul arderii gazelor, nr. 11, p. 476—478.
13. *Colţ, Gh.* şi *Grecu, T.*: Calculul aproximativ al consumului de abur şi al producţiei de energie electrică în regim de termoficare, nr. 12, p. 512—517.

5. Electroenergetică

1. *Dimo, P.*: „Analiza nodală", combinată cu calculatoarele pentru studiul sistemelor electroenergetice complexe nr. 1, p. 10—22.
2. *Adămuţ, I.* şi *Popa, B.*: Protecţia liniilor de 110 kV împotriva supratensiunilor atmosferice (consideraţii tehnice), nr. 1, p. 22—30.
3. *Rădulescu, V.*: Alimentarea în derivaţie a consumatorilor de energie electrică din linii electrice aeriene de 110 kV, nr. 2, p. 46—54.
4. *Costin, Em.*: O nouă sursă de lumină: electroluminescenţa, nr. 2, p. 54—62.
5. *Vicol, P.* şi *Ionescu, G.*: Realizarea constructivă a instalaţiilor de aer comprimat din staţiile de transformare şi conexiuni, nr. 3, p. 96—100.
6. *Cernat, A.*: Calculul analitic al regimurilor nesimetrice, nr. 3. p. 101—115.

7. *Dimo, P.*: Imaginile „analizei nodale", mijloc unitar şi general de raţionament în studiul sistemelor electroenergetice, nr. 4, p. 139—147.
8. *Leonida, D.* şi *Ionescu, V.*: Consideraţii asupra problemelor de repartiţie optimă a sarcinii în sistemele energetice, nr. 4, p. 148—159.
9. *Militaru, P., Petrescu, C.* şi *Marinescu, Cr.*: Proiectarea liniei electrice de 220 kV Bicaz-Sîngiorgiu-Luduş, nr. 5, p. 181—189.
10. *Ceapîru, D., Ionescu, M.* şi *Pestrea, N.*: Construcţia liniei electrice de transport de 220 kV Bicaz-Sîngiorgiu-Luduş, nr. 5, p. 189—197.
11. *Dimo, P.*: Formula pierderilor şi „optimizările de scheme şi regimuri" pe drum nou. Aplicarea „analizei nodale", cu imagini reprezentative, nr. 6, p. 219—242.
12. *Ionescu, V.* şi *Leonida, D.*: Consideraţii asupra problemelor de repartiţie optimă a sarcinii în sistemele energetice. II. Sisteme interconectate, nr. 6, p. 243—257.
13. *Semıyén, A.*: Probleme privind determinarea repartizării optime a puterilor între centrale cu un calculator analogic, nr. 6, p. 258—262.
14. *Voinea, D.* şi *Stoleru, B.*: Unele aspecte în legătură cu tipizarea staţiilor de transformare în R.P.R., nr. 7, p. 256—276.
15. *Moraite, G.* şi *Gheorghiu, M.*: Consideraţii asupra acţionării protecţiei de distanţă la „false defecte" datorită fenomenului de pendulare a rotoarelor generatoarelor, nr. 7, p. 276—280.
16. *Marcu, B.*: Probleme tehnice ale reglajului curbei de sarcină, nr. 9, p. 379—382.
17. *Petroianu, A.*: Cîteva probleme de calcul numeric ce apar în cazul determinării regimurilor de funcţionare a reţelelor buclate cu ajutorul maşinilor electronice cifrice, nr. 9, p. 389—395.
18. *Gheorghiu, I.*: Erorile totale ale grupurilor de măsură şi influenţa lor asupra erorilor de închidere a balanţei de energie electrică în sistemele energetice, nr. 10, p. 425—433.
19. *Stein, M.* şi *Sterian, M.*: Micşorarea pericolului de accident prin electrocutare, în reţele de distribuţie a energiei electrice, la joasă tensiune, ale şantierelor de construcţii-montaj, nr. 10, p. 433—437.
20. *Chenzbraun, I.*: Funcţionarea protecţiei de distanţă cu relee de tip RD 7 la suprasarcini şi posibilităţile de ameliorare a acesteia, nr. 12, p. 517—527.

6. **Hidroenergetică**

1. *Cogălniceanu. A.*: Dezvoltarea hidroenergeticii în U.R.S.S. partea I, nr. 5, p. 197—205.
2. *Ioniţă, Gh.* şi *Neniţă, E.*: Automatizarea centralelor hidroelectrice în R.P.R. Realizări şi perspective, nr. 7 p. 302—310.
3. *Budeanu, C.*: Studii pe teren şi cercetări în laboratoare realizate pentru lucrările energetice din R.P.R., nr. 10, p. 417—419.
4. *Iorgulescu, F. şi Diacon, A.*: Consideraţii în legătură cu folosirea resurselor hidroenergetice ale Republicii Populare Romîne în perioada 1961—1980, nr. 11, p. 457—463.
5. *Cogălniceanu, A.*: Resursele hidroenergetice ale U.R.S.S. partea a II-a, nr. 12, p. 497—511.

7. **În ajutorul exploatării**

1. *Stanislavievici, L.*: Fenomenul dispariţiei temporare a sărurilor din apa cazanului, nr. 3, p. 121—122.
2. *Dinulescu, C.*: Perturbaţii în exploatarea ejectoarelor şi remedii posibile, nr. 9, p. 396—398.
3. *Beldiman, N.* şi *Voinea, M.*: Rezultatele şi generalizarea noii metode de spălare prin procedeul hidropneumatic a reţelelor de termoficare, nr. 9, p. 398—400.

8. **În ajutorul producţiei**

1. *Georgescu, G.* şi *Filitti, D.*: Aspecte privind mica mecanizare a lucrărilor de montaj la centralele termoelectrice, nr. 8, p. 384—351.

9. **Din exploatare**

1. *Cîrdu, M.*: Metodă pentru determinarea neetanşeităţilor pe partea de vid a instalaţiilor de turbine cu abur cu ajutorul izotopilor radioactivi, nr. 2, p. 62—69.
2. *Neamţu, C.*: Raţionalizarea arderii la centrala termică nouă a uzinei „Industria sîrmei" — Cîmpia Turzii, nr. 2, p. 69—71.
3. *Fulga, C.* şi *Miloia, M.*: Adaptarea cazanelor mici de de abur din CTE Timişoara, pentru producerea de apă fierbinte, nr. 5, p. 209—213.
4. *Căpăţînă, V.* şi *Rebreanu, A.*: Curăţirea condensatoarelor de la centrala termoelectrică Paroşeni, nr. 10, p. 438—444.
5. *Grosz, I.*: Controlul regimului de temperatură al lagărelor axiale, nr. 11, p. 483—486.

10. **În ajutorul tînărului inginer**

1. *Schapira, W.*: Aspecte tehnico-economice noi în proiectarea şi exploatarea instalaţiilor de iluminat electric (I), exterior, nr. 4, p. 160—175.
2. *Schapira, W.*: Aspecte tehnico-economice noi în proiectarea şi exploatarea instalaţiilor de iluminat electric exterior (II), nr. 12, p. 528—546.

11. **Energetica peste hotare**

1. Realizări şi perspective ale energeticii sovietice, nr. 1, p. 31—33.
2. *Carabulea, A.*: Unele probleme privind transportul energiei electrice în curent continuu la înaltă tensiune, nr. 2, p. 72—84.
3. *Wlezek, C.*: Electrificarea agriculturii socialiste a R.D.G., nr. 8, p. 352—355.
4. *Wlezek, C.*: Distribuţia energiei electrice într-un mare combinat metalurgic în R.S. Cehoslovacă, nr. 8, p. 355—356.
5. *Carabulea, A.*: Aspecte ale dezvoltării sistemelor energetice în U.R.S.S., nr. 10, p. 444—452.

12. **Discuţii**

1. *Doran, M.*: Unele aspecte ale calculului eficacităţii puterii reactive, cu condensatoare statice, nr. 8, p. 341—344.
2. *Vladimir, N.*: Consideraţii în legătură cu timpul de amortizare a instalaţiilor de baterii de condensatoare statice pentru compensarea puterii reactive în întreprinderile industriale, nr. 8, p. 344—347.
3. *Stoica, M.*: Observaţii asupra articolului „Calculul iluminatului fluorescent" de ing. Dinulescu, D. I. (Energetica 9), nr. 1, 1961, p. 31—34.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.2.09 : 627.8 : 621.311.1(47)

Cogălniceanu, A.: **Гидроэнергетические ресурсы СССР (II).**

П. Во второй части работы приводятся решения, принятые по благоустройству основных водных потоков, данные по сооруженным и находящимся в строительстве гидроэлектростанциям, а также сведения по планируемым станциям в различных районах СССР.

Energetica, 10 (1962) № 12. стр. 497–511

ДК 697.34.004.15

Colț G. и *Grecu, T.:* **Приблизительный расчет потребления пара и производства электроэнергии в теплофикационном режиме**

Авторы освещают скоростной метод определения расхода пара и производства электроэнергии за счет регенеративного подогрева в теплофикационных турбинах, собственного конденсата и конденсата подогревательного и технологического пара.

Energetica 10 (1962) № 12. стр. 512–517

ДК 621.316.952.45.004

Chenzbraun, I.: **Работа дистанционной защиты типа RD 7 при сверхнагрузках и возможности ее усовершенствования**

Описан принцип работы пускового элемента реле RD7 и внесенные изменения в целях его улучшения.

Energetica, 10 (1962) № 12. стр. 517–529

В ПОМОЩЬ МОЛОДОМУ ИНЖЕНЕРУ

ДК 628.971.7.001.1/2

Schapira, W.: **Новые аспекты вопросов наружного электрического освещения (II)**

Во второй части статый разбирается в основном вопрос проектирования установок наружного освещения и светильников, используемых для этих целей.

Energetica, 10 (1962) № 12. стр. 528–546

АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ, 547–548

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.2.09 : 627.8 : 621.311.1.(47)

Cogălniceanu, A : **Die Wasserkraftreserven der UdSSR (II)**

In diesem 2. Teil des Aufsatzes werden die für den Ausbau der wichtigsten Flüsse der UdSSR angewendenten Lösungen, die in den verschiedenen Gebieten des Landes gebauten oder im Bau begriffenen Wasserkraftanlagen sowie die weiteren Bauvorhaben dargestellt.

Energetica, 10 (1962) H. 12, S. 497–511

DK 697.34.004.15

Colț, G. und *Grecu, T.* : **Uebersehlägliche Berechnung des Dampfverbrauchs und der Erzeugung von elektrischer Energiebei Fernheizbetrieb**

Die Verfasser beschreiben ein Kurzverfahren zur Berechnung des Dampfverbrauchs und der Erzeugung von elektrischer Energie bei Regenerativ vorwärmung des Eigenkondensats der Fernheizturbinen sowie des Kondensats der Heiz-und technologischen Dampfs.

Energetica, 10 (1962) H. 12, S. 512–517

DK 621.316.925.45.004

Chenzbraun, I. : **Betriebsverhalten des Ferbschützes RD 7 bei Ueberbelastungen**

Darstellung der Funktionsweise des Wirkelements des Schützes Bautype RD 7 und der, zwecks Verbesserung des Verhaltens im Betrieb bei Ueberbelastungen, vorgenommenen Aenderungen.

Energetica, 10 (1962) H. 12, S. 517–529

FÜR DEN INGENIEUR-NACHWUCHS

DK 628.971.7.100.1/2

Schapira, W. : **Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der elektrischen Aussenbeleuchtung (II)**

In diesem 2. Teil des Beitrags werden insbesondere die Fragen des Entwurfs von Aussenbeleuchtungsanlagen sowie der hierzu verwendeten Leuchtkörper erörtert.

Energetica, 10 (1962) H. 12, S. 528–546

STICHWORTVERZEICHNIS, 547–548

SOMMAIRE

CD 621.2.09 : 627.8 : 621.311.1(47)

Cogălniceanu, A. : **Resources hydroélectriques de l'URSS (II)**

Dans cette deuxième partie de l'étude, on expose les solutions adoptées pour l'aménagement des principaux cours d'eau de l'URSS et les usines hydroélectriques réalisées, en construction ou à construire dans les diverses régions.

Energetica, 10 (1962), nr. 12, p. 497–511

CD 697.34.004.15

Colţ, G. et *Grecu, T.* : **Le calcul approximatif de la consommation de vapeur et de la production d'énergie électrique en régime de production combinée**

Les auteurs présentent une méthode rapide pour la détermination de la consommation de vapeur et la production d'énergie électrique dues au surchauffage régénératif du condensat propre des turbines à production combinée de chaleur et de l'énergie électrique et du condensat de la vapeur de chauffage et technologique.

Energetica, 10 (1962), nr. 12, p. 512–517

CD 621.316.925,45,004

Chenzbraun, I. : **Fonctionemment à surcharge de la protection à distance avec des relais type RD 7 et possibilités d'amélioration**

On expose le principe de fonctionnement de l'élément de démmarage du relais RD 7 et les modifications apportées pour améliorer le fonctionnement.

Energetica, 10 (1962), nr. 12, p. 517–529

Á L'AIDE DES JEUNES INGENIEURS

CD 628.971.7.001.1/2

Schapira, W. : **Nouveaux aspects des problèmes de l'illumination électrique extérieure (II)**

Dans cette deuxième partie de l'article on traite spécialement le problème de la projection des installations d'illumination extérieure et des corps à illuminer utilisés.

Energetica, 10 (1962) Nr. 12, p. 528–546

INDEX, 547–548

CONTENTS

DC 621.2.09 : 627.8 : 621.311.1.(47)

Cogălniceanu, A. : **Hydroenergetic ressources of the Soviet Union (II)**

The second part of this paper features solutions applied to the development of the principal watercourses including a survey of hydro-electric plants constructed, in construction or to be erected in various regions of the Soviet Union.

Energetica, 10 (1962) Nr. 12, p. 497–511

DC 697.24.004.15

Colţ, G. and *Grecu, T.* : **Approximate calculus of steam consumption and power production in combined regime of distance heating and power production**

The authors present a rapid determining method for steam consumption and power production in case of regenerative preheating of the condensate of distance heating and power turbines and of the heating and technological steam condensate.

Energetica,, 10 (1962) Nr. 12, p. 512–517

DC 621.316.925.45.004

Chenzbraun, I. : **Distance protection operation with RD 7 relais by overload and improving possibilities of the same**

The operating principle of the RD 7 relais starting unit and the alterations made in view of better operation are summed up in this paper.

Energetica, 10 (1962) Nr. 12, p. 517–529

AIDING THE YOUNG ENGINEERS

DC 628.971.7.001.1/2

Schapira, W. : **New aspects of exterior illuminating problems (II)**

The second part of this paper investigates the design of exterior lighting equipment and also the necessary lighting fixtures.

Energetica, 10 (1962) Nr. 12, p. 528–546

INDEX, 547–548

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖZPONTI DOKUMENTÁCIÓS KÖZPONT

INDEX ALFABETIC

A

Adămuţ, I., 5,2.

B

Badea, I, A., 3,2.
Beldiman, M., 2,4.
Budeanu, C., 6,3.
Buhuş, P., 2,4.

C

Carabogdan, I., 4, 11.
Carabulea, A., 11,2 ; 11,5
Căpăţînă, V., 9,4.
Ceapîru, D., 5,10.
Cernat, A., 5,6.
Chenzbraun, I., 5,20.
Cîrdu, M., 9,1.
Cogălniceanu, A., 3,2 ; 6,1 ; 6,5.
Colţ, Gh., 4,1 ; 4,13.
Costin, Em., 2,2 ; 5,4.
Cserveny, I., 4,4.

D

Diacon, A., 6,4.
Dimo, P. 5,1 ; 5,7 ; 5,11.
Dinculescu, C., 4,3.
Dinulescu, C., 4,8 ; 4,12 ; 7,2.
Doran, M., 12,1.

F

Filitti, D., 8,1.
Fulga, C., 9,3.

G

Georgescu, G., 8,1.
Gheorghiu, I., 5,18.
Gheorghiu, M., 5,15.
Goldemberg, C., 2,3.
Grecu, T., 4,13.
Grigoriu, G., 2,2.
Grosz, I. 4,2 ; 4,7 ; 9,5.

I

Iliescu, T., 4,2.
Ionescu, C., 4,11.
Ionescu, G., 5,5.
Ionescu, M., 5,10.
Ionescu, V., 5,8 ; 5,12.
Ioniţă, Gh., 6,2.
Iorgulescu, F., 6,4.

L

Leonida, D., 5,8 ; 5,12.
Levai, A., 3,1.

M

Marcu, B., 2,5 ; 5,16.
Marinescu, Cr., 5,9.
Mihăileanu, C., 4,4.
Militaru, P., 5,9.
Miloia, M., 9,3.
Moldoveanu, N., 2,5.
Moraite, G., 5,15.

N

Neamţu, C. 9,2.
Neniţă, E. 6,2.
Nistor, I., 4,11.

P

Pănoiu, N., 4,11.
Pestrea, N., 5,10.
Petrescu, C., 5,9.
Petroianu, A., 5,17.
Pimsner, V., 4,3.
Popa, B., 5,2.
Popescu, Gh., 2,5

R

Rădulescu, V., 5,3.
Răduleţ, R., 2,1.
Renţea, D., 2,3.
Rebreanu, A. 9,4.

S

Schapira, W.,10,1 ; 10,2.
Semlyén, A., 5,13.
Singer, G., 4,11.
Stanislavlievici, L., 7,1.
Stăncescu, I. D., 4,10.
Stein, N., 5,19.
Sterian, M., 5,19.
Stoica, M., 12,3.
Stoleru, B., 5,14.

T

Trifu, C., 4,5.

U

Ungureanu, C., 4,6 ; 4, 9.

V

Vicol, P., 5.5,
Vladimir, N., 12,2.
Voinea, D., 5,14.
Voinea, M., 4,10.

W

Wlezek, C., 11,3 ; 11,4.